



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES

CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

INTEGRAÇÃO DOS MÉTODOS *CRITICAL PATH* E *LAST PLANNER SYSTEM* PARA A GESTÃO DO PROJETO DE EDIFICAÇÕES: UM ESTUDO DE CASO

Carlos Henrique Diehl

Lajeado, Novembro de 2017

Carlos Henrique Diehl

INTEGRAÇÃO DOS MÉTODOS *CRITICAL PATH* E *LAST PLANNER SYSTEM* PARA A GESTÃO DO PROJETO DE EDIFICAÇÕES: UM ESTUDO DE CASO

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II da Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Ms. William Jacobs

Lajeado, Novembro de 2017

RESUMO

O setor da construção civil é caracterizado por apresentar altos índices de desperdícios em seus projetos e baixa eficiência produtiva, necessitando de modificações em seu sistema produtivo tradicional, para que, dessa maneira, consiga atender de forma rápida e ágil às exigências dos seus clientes. Os resultados adquiridos pela indústria manufatureira com a utilização da filosofia *Lean Manufacturing* motivaram a adaptação desta filosofia para a indústria da construção civil, constituindo uma nova filosofia que foi intitulada de *Lean Construction*. Neste contexto, destacou-se o *Last Planner System*, que tem como principal objetivo aperfeiçoar o processo de planejamento e controle da produção por meio de medidas que procuram diminuir as incertezas do planejamento. Contudo, este modelo, segundo autores, necessita ser complementado para ter sucesso no gerenciamento de obras. Desta forma, para sanar estas problemáticas, através de um estudo de caso, este trabalho tem como objetivo implantar o *Last Planner System* integrado com o modelo tradicional de Gestão de Projetos que utiliza o método *Critical Path* para o planejamento da produção. Assim, os métodos de Gestão de Projetos e a filosofia *Lean Construction* surgem como uma opção para aperfeiçoar os processos produtivos no canteiro de obra, trazendo benefícios por meio da diminuição de desperdícios e extraíndo maior produtividade das equipes de produção. Os resultados observados com a implementação das ferramentas foram significativos. Devido à constatação de um crescimento no percentual de planos concluídos e a criação de um fluxo contínuo na execução das atividades, estes fatores refletiram no aumento do índice de desempenho da obra. Além disso, observou-se que a integração das ferramentas concedeu à empresa um sistema de planejamento e controle nos três níveis gerenciais, estratégico, tático e operacional. Em vista dos argumentos apresentados, pode-se inferir que a implementação das ferramentas pode oferecer resultados positivos para o gerenciamento de obras na construção civil, diminuindo os desperdícios de processamento, produção, transporte, movimentação e espera.

Palavras-chaves: *Lean Construction*, Gestão de Projetos, *Last Planner System*, *Critical Path*.

ABSTRACT

The civil construction sector is characterized by high rates of waste and low productivity; it needs changes in its traditional production system, so that, in this way, it can quickly and quickly solve the needs and demands of its customers. The results obtained by the manufacturing industry with the application of the Lean Manufacturing philosophy, encouraged the adaptation of this philosophy to the construction industry, denominating it Lean Construction. In this context, the Last Planner System was highlighted, which the main objective is to improve the process of production by planning and controlling through measures that seek to reduce planning uncertainties. However, according to authors, this model needs to be complemented in order to be successful in the management of constructions. Therefore, in order to solve these problems, through a case study, this work aims to implement the Last Planner System integrated with the traditional Project Management model that uses the Critical Path method for production planning. Thus, Project Management and Lean Construction emerge as an alternative to improve production processes within the construction site, bringing benefits by reducing waste and providing greater productivity. The results observed with the implementation of the tools were significant, due to a growth in the percentage of plans completed and the creation of a continuous flow in the execution of the activities, these factors reflected the increase in the performance index of the construction. In addition, it was observed that the integration of the tools gave the company a system of planning and control at the three levels of management, strategic, tactical and operational. In view of the presented arguments, it can be inferred that the implementation of the tools can offer positive results for the management in the civil construction, reducing the wastes of processing, production, transport, handling and waiting.

Keywords: Lean Construction, Project Management, Last Planner System, Critical Path.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Linha de tempo da produção	17
Figura 2 – Transformação de processo e subprocesso	24
Figura 3 – Modelo de processo Lean Construction	25
Figura 4 – As cinco fases do ciclo de planejamento.....	28
Figura 5 – Ciclo de vida dos projetos	30
Figura 6 – Níveis e horizontes de planejamento.....	36
Figura 7 – Estrutura do processo LPS	37
Figura 8 – Planejamento Lookahead	39
Figura 9 – Planejamento de Comprometimento	41
Figura 10 – Estrutura geral do processo	42
Figura 11 – Ciclo de planejamento CPM e LPS.....	43
Figura 12 – Classificação da pesquisa	50
Figura 13 – Procedimentos para desenvolvimento da pesquisa	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico da evolução dos resultados de PPC's.....	64
Gráfico 2 – Gráfico das causas de não cumprimento	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Comparação entre três enfoques de generalização do TPS.	22
Quadro 2 – Comparação dos cinco princípios de Womack e Jones (1998) com os elementos fundamentais de Picchi (2003) e os onze princípios de Koskela (1992).....	26
Quadro 3 – Valores de PPC de outros autores	45
Quadro 4 – Lista de causas de não cumprimento de atividades	46
Quadro 5 – Planejamento médio prazo 1/3	55
Quadro 6 – Requisitos do planejamento 1/3.....	55
Quadro 7 – Formulário de planejamento semana 35	56
Quadro 8 – Formulário de planejamento semana 36.....	57
Quadro 9 – Formulário de planejamento semana 37	57
Quadro 10 – Formulário de planejamento semana 38.....	58
Quadro 11 – Planejamento de médio prazo 2/3.....	58
Quadro 12 – Requisitos do planejamento 2/3.....	59
Quadro 13 – Formulário de planejamento semana 39.....	59
Quadro 14 – Formulário de planejamento semana 40.....	60
Quadro 15 – Formulário de planejamento semana 41	60
Quadro 16 – Formulário de planejamento semana 42.....	61
Quadro 17 – Requisitos do planejamento 3/3.....	61
Quadro 18 - Planejamento de médio prazo 3/3	62
Quadro 19 – Formulário de planejamento semana 43	62
Quadro 20 – Formulário de planejamento semana 44	63
Quadro 21 – Formulário de planejamento semana 45	63
Quadro 22 – Formulário de planejamento semana 46.....	64
Quadro 23 – Propostas de melhorias para as causas de não cumprimento.....	65

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Tema	11
1.2 Objetivos.....	11
1.2.1 Objetivos específicos	11
1.3 Problema de pesquisa	12
1.4 Justificativas	12
1.5 Delimitação do trabalho.....	13
1.6 Estrutura da monografia	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Sistema Toyota de Produção	15
2.2.1 Origens do Sistema Toyota de Produção.....	16
2.2.2 <i>Just-in-time</i>	17
2.2 <i>Lean Manufacturing</i>	18
2.2.1 Princípios <i>Lean Thinking</i>	19
2.2.1.1 Valor	20
2.2.1.2 Cadeia de Valor	20
2.2.1.3 Fluxo de Valor	20
2.2.1.4 Puxar	21
2.2.1.5 Perfeição	21
2.3 <i>Lean Construction</i>	23
2.3.1 Origem do <i>Lean Construction</i>	23
2.3.2 Conceitos básicos do <i>Lean Construction</i>	24
2.3.3 Princípios do <i>Lean Construction</i>	25
2.4 Planejamento e Controle da Produção.....	27

2.4.1 Dimensões do planejamento	28
2.4.1.1 Dimensão horizontal.....	28
2.4.1.2 Dimensão vertical.....	29
2.4.2 Planejamento tradicional de projetos.....	29
2.4.2.1 Gerenciamento de escopo	31
2.4.2.3 Gerenciamento do prazo	32
2.4.2.6 Problemas no modelo tradicional	34
2.4.3 <i>Last Planner System</i> (LPS).....	34
2.4.3.1 Hierarquização do modelo <i>Last Planner</i>	35
2.4.3.1.1 Planejamento Mestre	37
2.4.3.1.2 Planejamento <i>Lookahead</i>	37
2.4.3.1.3 Planejamento de Comprometimento	39
2.4.3.2 Processo de planejamento <i>Last Planner System</i>	41
2.4.4 Método integralizado de planejamento (tradicional e enxuto)	42
2.5 Indicadores de Gestão de produção	44
2.5.1 Índice de desempenho (IDP)	44
2.5.2 Porcentual de Plano Concluído (PPC).....	45
2.5.2.2 Causas do não cumprimento de planos.....	46
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	48
3.1 Classificação da Pesquisa	48
3.2 Planejamento do método de pesquisa.....	50
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
4.1 Características da obra em estudo	53
4.2 Execução do plano de longo prazo (Cronograma de Gantt e CPM)	53
4.2 Aplicação do plano de médio prazo (<i>Lookahead Planning</i>)	54
4.3 Aplicação do plano de curto prazo (planejamento de comprometimento).....	55
5 CONCLUSÕES.....	68
5.1 Conclusões obtidas	68
5.2 Recomendações futuras	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXO 1– PLANO DE LONGO PRAZO (CRONOGRAMA DE GANTT E CAMINHO CRÍTICO)	75

1 INTRODUÇÃO

Um aspecto indiscutível é de que o setor da construção civil detém um papel significativo na economia de um país, não só pela representação no Produto Interno Bruto (PIB), mas também por impactar positivamente na geração de emprego. Contudo, é um dos setores mais sensíveis às variações de mercado e à demanda por produtos (FREJ; ALENCAR, 2009).

As empresas da construção civil desde 1990 iniciaram a busca por ferramentas para maximizar suas margens de lucro, com a redução dos custos, otimização da produção e busca por ferramentas de suporte em gestão e tecnologia (KRAINER, 2013).

Neste contexto de inovação dos processos produtivos, afirma Koskela (1992) que os grandes resultados obtidos na indústria da manufatura com a aplicação de técnicas da filosofia *Lean Manufacturing* incentivaram a adaptação desta filosofia para o setor da construção civil, despertando assim o *Lean Construction*.

Segundo Bernardes (2003), a melhor forma de introduzir estes princípios *Lean* em empresas construtoras é por meio de técnicas e ferramentas de planejamento e controle da produção (PCP). Devido a este aspecto, percebeu-se nos últimos anos um avanço importante nos estudos sobre PCP em empresas de construção civil, principalmente quanto à aplicação do método *Last Planner System* (LPS) para o controle da produção.

De acordo com Ballard (2000), o método de PCP, denominado LPS, foi desenvolvido para melhorar o rendimento dos sistemas de planejamento e controle da construção civil através de modelos e conceitos da Engenharia de Produção. Este método

confere um ambiente confiável para a produção, com a diminuição da variabilidade do fluxo de trabalho (ROEHRS, 2012).

Contudo, há outros métodos de PCP, como o modelo tradicional de planejamento de projetos que utiliza para gerenciamento os métodos PERT-CPM (OLIVIERI *et al.*, 2016). Os métodos PERT-CPM são consagrados como uma importante inovação para o gerenciamento da construção civil do século XX. Apesar de serem criticados por diversos autores, os métodos são largamente utilizados e ensinados (KOSKELA *et al.*, 2014).

Desta forma, a pesquisa busca analisar a implantação de um modelo para gerenciamento e controle da produção em projetos de edificações, integrando a ferramenta de planejamento e controle *Last Planner System* com os métodos de Gestão de Projetos.

1.1 Tema

O tema desta pesquisa é a integração entre as ferramentas *Critical Path* e *Last Planner System* para o gerenciamento da construção de um edifício residencial.

1.2 Objetivos

É objetivo principal deste trabalho desenvolver um método integrado para gerenciamento de obras, baseado nos conceitos de *Lean construction* e gestão de projetos, e analisar por meio de um estudo de caso a integração destes conceitos.

1.2.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Pesquisar a literatura de gestão de projetos e *Lean construction*;
- Elaborar o planejamento de longo, médio e curto prazo com a integração das ferramentas e aplicá-los no canteiro de obra;
- Monitorar e controlar o andamento da obra através dos indicadores de planejamento e desempenho;
- Analisar os resultados obtidos com a aplicação do método e propor melhorias para o sistema produtivo da construtora.

1.3 Problema de pesquisa

Segundo Netto *et al.* (2015), com a abertura de mercado gerada pela situação econômica brasileira iniciaram-se diversos projetos no setor de construção civil, mas com o decorrer do tempo observaram-se dificuldades em obter a eficiência produtiva de alguns projetos. Frej e Alencar (2009) atribuem estas dificuldades às características do setor, tais como:

- (i) Seu caráter não homogêneo;
- (ii) Sua produção não seriada devido à customização do produto;
- (iii) A dependência de fatores climáticos favoráveis;
- (iv) Período longo de construção;
- (v) Interferência externa dos *stakeholders*;
- (vi) A contratação de diversas empresas terceirizadas no processo de construção.

Ainda assim, segundo Krainer (2013), o setor é caracterizado por excesso de desperdícios, alto grau de complexidade e possui uma grande variabilidade da produção. Contudo, este não apresenta investimentos tecnológicos relevantes no âmbito da produção. Devido a esse cenário instável, as atividades de gestão de projetos e os métodos de planejamento e controle da produção se tornam um elemento significativo para o desempenho empresarial. Em vista disto, a pesquisa pretende identificar qual a contribuição da integração dos métodos para o sistema construtivo tradicional do setor da construção civil.

1.4 Justificativas

Segundo Frej e Alencar (2009), a cadeia produtiva da construção civil impacta diretamente em seu macro setor por movimentar indústrias fornecedoras de insumos e demandar serviços terceirizados. Os autores também destacam o papel estratégico no desenvolvimento socioeconômico do Brasil, por empregar mão de obra direta em grande escala e por movimentar diversas cadeias produtivas.

Além disto, a construção civil representa, de acordo com a base de dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), 5,6 % do PIB brasileiro; contudo, observou-se uma queda na representatividade, pois em 2012 o setor acrescentava ao PIB 6,5% (CBIC, 2016). Segundo Frej e Alencar (2009), estes fatores negativos justificam a preocupação de

grande parte de construtoras em aprimorar seus sistemas de gerenciamento dos projetos e métodos de planejamento e controle.

Ballard (1994) assegura que uma forma de melhorar a eficiência do setor da construção civil é otimizando o Planejamento e Controle da Produção (PCP), que já está sendo aplicado e aprimorado em diversos países. Este novo método foi denominado *Last Planner System* (LPS) (BALLARD, 2000).

Conforme Ballard (2000), seguir um planejamento mestre elaborado no início da obra nem sempre é a melhor escolha no momento de tomar a decisão de qual será o próximo trabalho e qual a quantidade a ser executada pela equipe técnica no curto prazo. Os cronogramas do caminho crítico consideram que a interferência e a variabilidade dificilmente vão ocorrer; porém, segundo Bernardes (2003), é muito constante o replanejamento das atividades por parte das construtoras, uma vez que diversas organizações terceirizadas estão envolvidas na execução do empreendimento.

Huber e Reiser (2003) salientam que para se obter uma produção *Lean*, faz-se necessária a integração do modelo tradicional de gestão de projetos com a ferramenta LPS, onde o modelo tradicional com o cronograma do caminho crítico atua como ferramenta de auxílio no nível estratégico do planejamento, enquanto que o LPS se estabiliza no nível tático e operacional do planejamento.

1.5 Delimitação do trabalho

A delimitação deste trabalho se dá no quesito tempo de pesquisa. O trabalho limita-se ao planejamento e controle apenas do 2º e do 3º pavimento¹ da obra; também, pretende somente identificar necessidades e propor melhorias para a empresa construtora. Deste modo, não será feita aplicação e avaliação das melhorias propostas. Além disto, o trabalho limita-se à utilização apenas das áreas de gerenciamento de escopo e tempo, e dos processos de planejamento, monitoramento e controle, considerados pelo PMI, pois estes estão relacionados diretamente ao planejamento e controle de obras.

¹ Pavimentos iguais repetidos nos andares

1.6 Estrutura da monografia

Como forma de sistematizar o estudo, o trabalho foi estruturado em cinco capítulos, partindo da introdução ao tema, revisão bibliográfica, metodologia, resultados e discussões e, por final, as conclusões. A introdução aborda o contexto geral do tema da pesquisa, objetivos gerais e específicos, justificativas para a realização e as delimitações do trabalho.

O segundo capítulo apresenta a revisão bibliográfica referente ao estudo, onde são abordados os conceitos e origens do Sistema Toyota de Produção, assim como o surgimento do *Lean Manufacturing* e do *Lean Construction*. Após, são apresentadas as ferramentas de PCP. Também apresenta um breve histórico do modelo tradicional CPM e o *Last Planner System*, consolidado como modelo enxuto; e, por final, os indicadores de desempenho utilizados na pesquisa.

O terceiro capítulo aborda a metodologia aplicada, a classificação dos procedimentos técnicos utilizados, a forma de abordar o problema, assim como os objetivos e a natureza da pesquisa. Além disto, é apresentado o planejamento do método da pesquisa, estruturado em um fluxograma.

O quarto capítulo apresenta os resultados e discussões obtidos com a aplicação do trabalho no canteiro de obras. No final, a conclusão sobre os resultados obtidos e presenciados pelo autor durante a execução do estudo; são apresentados também as referências bibliográficas e os anexos que auxiliaram para o alcance dos objetivos do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é abordada a revisão bibliográfica acerca dos assuntos pertinentes. Inicialmente, se apresentam os conceitos e origens das áreas de interesse desta pesquisa, Sistema Toyota de Produção, *Lean Manufacturing*, *Lean Construction*; após, aborda-se as ferramentas de planejamento e controle de obra, o modelo tradicional PERT/CPM e o *Last Planner System* consolidado como modelo enxuto; e, no final, os indicadores de desempenho utilizados na pesquisa.

2.1 Sistema Toyota de Produção

O Sistema Toyota de Produção (*Toyota Production System – TPS*) é conhecido como uma filosofia de produção que busca aperfeiçoar a organização, atendendo às necessidades do cliente no menor tempo possível, com qualidade e custo baixo. Ao mesmo tempo, este modelo diminui as incertezas e aumenta a moral dos seus colaboradores, objetivando integrar a manufatura com o restante da organização (LIKER, 2005).

De acordo com Shingo (1996), a grande importância que a indústria japonesa obteve no mercado mundial está vinculada com seus princípios de produção, nos quais se objetiva eliminar as perdas e maximizar os ganhos, utilizando uma produção flexível e de baixo custo. Pode-se dizer que o TPS é o sistema operacional que posicionou a Toyota como o terceiro maior fabricante de veículos do mundo.

2.2.1 Origens do Sistema Toyota de Produção

A história da família Toyoda na indústria automobilística iniciou no século XX, após a viagem de Sakichi Toyoda aos Estados Unidos em 1910. Porém, a criação da empresa deve-se de fato a Kiichiro Toyoda, que em 1929 acompanhou a produção nas fábricas da Ford nos Estados Unidos (SHINGO, 1996).

Segundo Ohno (1997), a Toyota começou sua produção no setor produzindo caminhões para as forças armadas, já com a clara intenção de entrar na produção em larga escala de caminhões comerciais e, principalmente, carros de passeio. No entanto, com o envolvimento do Japão na II Guerra Mundial, a empresa Toyota só conseguiu retomar seus planos após o final desta.

Na época, feita qualquer análise dos sistemas, verificava-se que a distância que separava a Toyota das grandes montadoras Americanas e Europeias era monstruosa. Pode-se relacionar que a produtividade do trabalhador americano era nove vezes maior que a de um trabalhador japonês (GHINATO, 1996).

A indústria japonesa começa sua recuperação em 1950, quando o engenheiro Eiji Toyoda realiza uma visita técnica de três meses às plantas da Ford, em Detroit (SHINGO 1996). A *Toyota Motor Company* tentou por muitos anos, porém sem sucesso, a reprodução dos modelos organizacionais praticados pela Ford. Em 1956 o engenheiro-chefe da Toyota, Taiichi Ohno, observou, em sua primeira visita à Ford, que a produção em massa, para ser aplicada no mercado japonês, precisava de ajustes e melhorias, pois o mercado japonês apresentava uma variada procura de produtos discretos (LIKER, 2005).

Ohno, após sua visita às fábricas da Ford nos EUA, constatou que os trabalhadores executavam apenas uma tarefa. Além das tarefas serem repetitivas e não agregarem valor, a qualidade não era observada ao longo do processo produtivo; e, haviam grandes estoques no decorrer do processo. Através destas observações, Taiichi Ohno, constatou que o sistema de produção em massa não funcionaria no Japão. Deste raciocínio nasceu o conhecido Sistema de Produção Toyota (SHINGO, 1996).

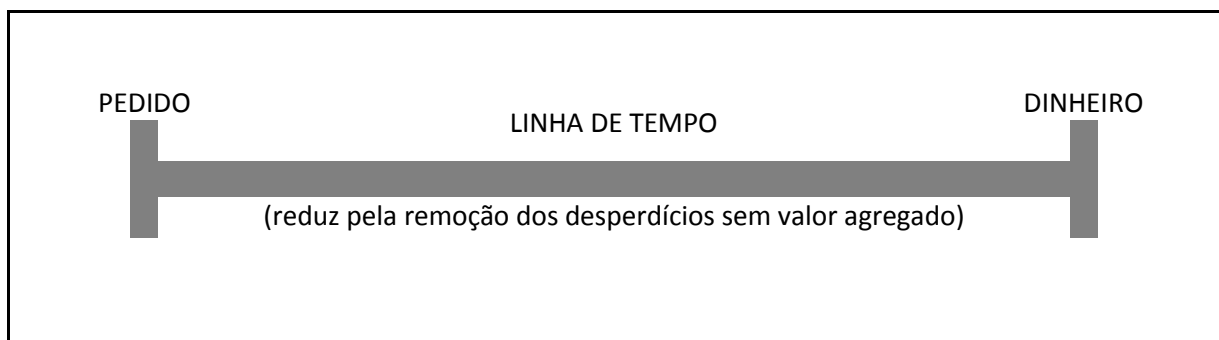
Com a busca pela eliminação contínua das perdas, os fundadores do Sistema Toyota, para combater a baixa produção da época, iniciaram a criação de um novo modelo de produção, usando como suporte a eliminação de desperdícios. Ohno analisou os sistemas de

produção americanos, buscando adaptar esses conceitos à realidade da época, que apresentava falta de recursos (físicos, humanos, materiais e principalmente financeiros). A estruturação do Sistema de Produção Toyota emergiu através de uma necessidade apresentada pelas restrições do mercado japonês (GHINATO, 1996).

A nova característica apresentada pelo mercado mundial após as crises do petróleo da década de 70 foi a diminuição dos ganhos com a produção em larga escala. Entretanto, este cenário foi um dos aspectos fundamentais para que a *Toyota Motor Company* se destacasse como empresa detentora de um poderoso sistema de gerenciamento da produção, e perfeitamente alinhado às novas exigências do mercado (SHINGO, 1996)

Devido à necessidade de respostas rápidas quanto à redução dos custos de produção, o sistema direcionou seus esforços para a identificação e eliminação das perdas. Ohno (1997) definiu o sistema Toyota na obra “O Sistema Toyota de Produção” como “[...] tudo que estamos fazendo é olhar a linha do tempo, do momento que o freguês nos entrega o pedido até o ponto em que recebemos o dinheiro. E estamos reduzindo essa linha de tempo removendo os desperdícios que não agregam valor [...]” (OHNO, 1997, p. 11). A Figura 1 representa essa definição.

Figura 1 – Linha de tempo da produção



Fonte: (OHNO, 1997)

2.2.2 *Just-in-time*

O JIT surge com o objetivo de fazer mais com menos. Kiichiro Toyoda constatou que a melhor maneira de trabalhar seria aproximar da linha de montagem todas as partes necessárias, exatamente na hora certa do seu uso. O JIT é um combinado de regras, hipóteses e teorias sobre a realidade organizacional, que utiliza destas para modificar e aperfeiçoar o

ambiente produtivo, e pode ser aplicada tanto na área de produção quanto em outras áreas da organização (GUINATO, 1996).

Segundo Ohno (1997), o JIT é caracterizado por um fluxo de partes necessárias para sua montagem no momento exato e na quantidade necessária. Para Rother e Harris (2002), o fluxo contínuo é um conceito que em seu estado ideal as peças são produzidas uma a uma de um processo ao outro. A empresa estabelecendo este fluxo ideal pode deparar-se com um estoque zero em suas linhas de montagem.

Segundo Grenho (2009), o JIT em sua essência procura reduzir a quantidade de produtos e processo, reduzir o estoque de matéria-prima e de produtos acabados, promovendo o giro de recursos financeiros. De forma sucinta, o JIT entrega os itens corretos na hora e na quantidade exata; desta forma, tem-se a flexibilidade para ajustar a produção às mudanças diárias de procura.

2.2 *Lean Manufacturing*

A concepção desta filosofia da produção destaca-se na abordagem por processos, originando-se nas linhas de produção da *Toyota Motor Company*. O *Lean Manufacturing* denominou-se um novo paradigma do sistema de produção que começou a ser potencializado desde a década de 50; porém, foi a partir de 1977, dentro da *Toyota Motor Company*, que se incorporou plenamente este paradigma, além de se aperfeiçoar continuamente esta filosofia *Lean*.(WOMACK;JONES 1992).

Segundo Grenho (2009), muitas expressões e abordagens relacionavam-se a este paradigma - como *just-in-time* e Gestão da Qualidade Total (TQM). Porém, uma das denominações que marcou o meio acadêmico e profissional desta ocidentalização do conceito está ligado diretamente à publicação do livro “The Machine that Changed the World”, (A máquina que mudou o mundo).

Segundo Arantes (2008), a filosofia *Lean Manufacturing* passa a ser um paradigma da produção que, através de métodos e ferramentas implantadas em qualquer empresa, pode melhorar sua eficiência produtiva, produzindo mais com menos.

Womack e Jones (1992) analisaram esta nova forma de gerenciamento da produção da seguinte forma:

- (i) Sistema integrado de produção com enfoque no fluxo de pequenos lotes na produção, baseado no *just-in-time* e estoques reduzidos;
- (ii) Viabiliza ações preventivas e não corretivas;
- (iii) Opera com a produção puxada e não empurrada, baseada em previsões de demanda;
- (iv) Flexibilidade, operando com mão de obra polivalente;
- (v) Envolvimento máximo na solução das causas de problemas, com o objetivo de aumentar o valor agregado ao produto;
- (vi) Relacionamento envolvente desde fornecedores a clientes.

Conforme Grenho (2009), o objetivo do *Lean Manufacturing* é compatibilizar os benefícios da produção em massa com os da produção artesanal. Arantes (2008) destaca esta combinação com o alto custo da produção artesanal e o sistema regido da produção em massa. Desta forma, o sistema *Lean* recorre a máquinas flexíveis e com alto nível de automação para produzir uma grande variedade de produtos em larga escala.

2.2.1 Princípios *Lean Thinking*

Posteriormente, Womack e Jones (1998) desenvolveram o termo *Lean Thinking* (mentalidade enxuta) onde analisaram e aumentaram as possibilidades de aplicação dos conceitos, generalizando a utilização para qualquer empresa através de cinco princípios; são eles:

- (i) Especificar valor para cada produto;
- (ii) Identificar a corrente de valor para cada produto;
- (iii) Fazer o fluxo de valor acontecer sem interrupções;
- (iv) Deixar o cliente puxar o valor do produto;
- (v) Perseguir a perfeição.

2.2.1.1 Valor

Este conceito, além de ser o ponto de partida para aplicação dos outros conceitos, é muito importante, pois o valor do produto só pode ser identificado pelo próprio cliente; o valor só é significativo quando o produto ou serviço, muitas vezes utilizado simultaneamente, atende as necessidades do cliente em um momento individual com um preço específico (WOMACK; JONES, 1998).

Segundo Arantes (2008), em momentos da falta de respostas do mercado com o produto, normalmente é ajustado o preço ao cliente, quando o certo é analisar e repensar os conceitos de entrega de valor ao cliente.

2.2.1.2 Cadeia de Valor

Segundo Womack e Jones (1998), a corrente de valor contempla todas as atividades necessárias para produzir determinado produto, através de três críticas da gestão: (i) resolução de problemas, passando pelo planejamento, projeto e execução; (ii) gestão da informação, que contempla a recepção do pedidos até a entrega do produto final; e (iii) transformação física, desde a lista de materiais até o cliente.

A análise da cadeia de valor, segundo Womack e Jones (1998), permite identificar etapas que:

- (i) Realmente entregam valor ao cliente;
- (ii) Não agregam valor, mas são necessárias devido aos meio utilizados para sua produção, como transporte e estoques, entre outras;
- (iii) Não agregam valor; classificadas como desperdícios, devendo ser evitadas na produção;

Womack e Jones (1998) propõem a análise global da cadeia de valor, analisando todos os agentes da cadeia.

2.2.1.3 Fluxo de Valor

Tendo a cadeia de valor, mapeadas e eliminadas as atividades que não agregam valor, o próximo passo é fazer com que as atividades que entregam valor andem em um fluxo

contínuo, sem estoques intermediários e parados no processamento. Este fluxo apresenta benefícios para a produção; dentre eles, a redução do *lead time* (WOMACK; JONES, 1998).

De acordo com Womack e Jones (1998), “segundo a visão enxuta, quanto maior o lote, maior será a espera do processo para ele continuar a fluir”. Para Grenho (2009), o fluxo de valor está focado em processo, culturas e pessoas; por isso a função *Lean* é reestruturar as operações, setores e a própria empresa, criando assim uma *Lean Enterprise* (Empresa Enxuta).

2.2.1.4 Puxar

Este conceito consiste em produzir somente quando é realizado o pedido pelo cliente, sem gerar estoques como na produção empurrada. Este princípio tem resultado quando o fornecedor cria confiabilidade na entrega, fazendo com que o cliente confie e estabilize a procura pelo produto. Um dos aspectos visíveis da produção puxada é a diminuição do tempo desde o lançamento do produto até a sua venda ao cliente, ou desde a compra da matéria-prima até o cliente (WOMACK; JONES, 1998).

2.2.1.5 Perfeição

Após especificar valor pela perspectiva do cliente, visualizar a cadeia de valor, criar um fluxo contínuo nos processos e deixar o cliente puxar a produção, o próximo passo para a busca de redução de custos, prazos, espaços e esforços é a realização da melhoria contínua, almejando a perfeição; as quatro etapas anteriores interagem entre si, formando um ciclo contínuo, desta forma fazendo com que o valor flua mais rápido à medida que os desperdícios estão sendo eliminados. (WOMACK; JONES, 1998).

Contudo, estes cinco princípios propostos por Womack e Jones (1998), mesmo sendo os mais explorados e usados, não foram os únicos. De fato vários autores, porém não de forma tão completa, também utilizaram as bases conceituais do STP para adaptação em outros setores. Nestas contribuições destaca-se uma linha comum com Fujimoto (1999); Spear e Bowen, (1999) *apud* Picchi (2003), Liker (2005) e Koskela (1992).

Segundo Liker (2005), um dos aspectos com maior importância dentro da filosofia *Lean* é a necessidade de toda a organização ser avaliada e testada com o objetivo de melhoria

contínua. Liker (2005) apresenta quatorze princípios, chamados por este de *The Toyota Way*; neste trabalho o objetivo principal foi a integração dos aspectos técnicos do *Lean Manufacturing* com os estratégicos do sistema de produção em massa. Pode-se destacar que a filosofia *Lean* é desenvolver e modelar os princípios de uma organização e praticá-los de forma consistente para alcançar um desempenho maior e que continue a agregar valor ao cliente; isto significa ser competitivo e rentável.

Spear e Bowen (1999) *apud* Picchi (2003) estudaram diversas empresas americanas que utilizaram as ferramentas do TPS, porém estas não atingiram o mesmo sucesso que a *Toyota Motor Company*. Desta forma, procurou-se entender os fatores influenciadores para o resultado negativo, identificando então quatro “regras”:

Fujimoto (1999) *apud* Picchi (2003) avaliou o TPS quanto ao aspecto evolutivo, analisando a composição das ferramentas do sistema e percebeu três níveis de capacidades na empresa (descritos no Quadro 1) que explicam e mantêm o desempenho e a melhoria contínua nas empresas.

No Quadro 1 é apresentada uma comparação entre os princípios *Lean* de Womack e Jones (1998) com os identificados por outros autores. Embora com focos diferentes, os três enfoques buscam uma generalização do TPS.

Quadro 1– Comparação entre três enfoques de generalização do TPS.

Womack e Jones (1998)	Spear e Bowen (1999)	Fujimoto (1999)
Valor - Entender o que é valor para o cliente e oferecer maior valor agregado , sem desperdícios.		
Cadeia de Valor - Identificar e eliminar desperdícios ao longo de toda a cadeia de valor.		

Fluxo - Produção em fluxo contínuo	Caminho - Para todo produto e serviço deve ser simples e direto	Capacidade de manufatura roteirizada - Forma padronizada de realizar atividades em todos os processos da empresa.
	Trabalho - Deve ser altamente especificado quanto ao conteúdo, sequência, ritmo e saídas.	
Puxar - Produzir somente quando demandado pelo cliente ou processo posterior.	Conexões - Todas comunicações devem ser diretas e sem complicações.	
Perfeição - Melhoria contínua através da rápida detecção e solução de problemas.	Melhorias - Devem ser feitas usando um método científico, no mais baixo nível hierárquico da organização.	Capacidade de aprendizado roteirizado - Rotinas para identificação e solução de problemas e retenção da solução.
		Capacidade de aprendizado evolutivo - Aprendizado intencional e oportunístico de lidar com mudanças e construir capacidades roteirizadas de manufatura e aprendizado.

Fonte: Adaptado de Picchi (2003)

2.3 Lean Construction

O *Lean Construction* (LC) pode ser considerado uma subdivisão do *Lean Manufacturing*, pois apresenta em sua base os mesmos objetivos e conceitos de otimizar os processos produtivos através da redução dos desperdícios (PFAFFENZELLER, 2015).

2.3.1 Origem do *Lean Construction*

A origem do *Lean Construction* destaca-se após o final da década de 1970, onde muitos setores experimentaram modificações no modelo de suas atividades produtivas; o setor da construção civil foi um destes (BERNARDES, 2003).

O *Lean Construction* é consequência da percepção em reproduzir os conceitos desenvolvidos na indústria automobilística para o setor da Construção Civil. O LC é disseminado pelo *International Group for Lean Construction* (IGCL), grupo de

pesquisadores, onde o objetivo é aplicar os conceitos do novo paradigma da produção no setor da construção (BERNARDES, 2003).

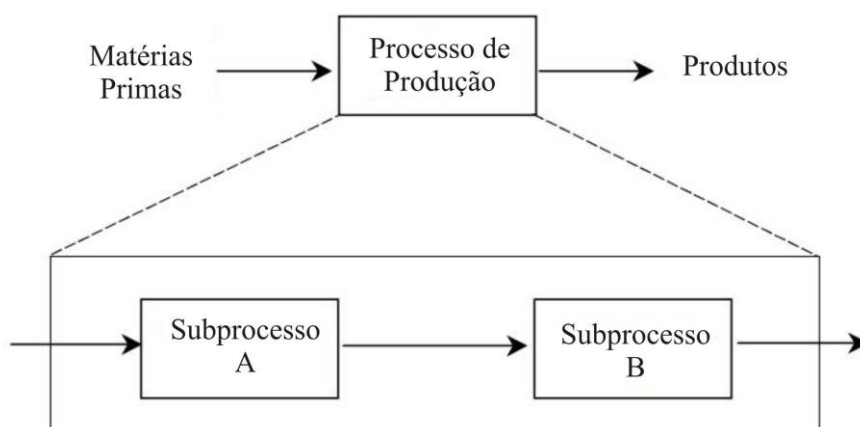
Para Bernardes (2003), o LC é um novo modo de gestão da construção civil, com implicações na estruturação de projetos, na maneira de planejar e controlar ferramentas que eliminem ou reduzam os desperdícios, além de melhorar a confiabilidade dos processos e fluxos.

Segundo Picchi (2003), a aplicação clara das ferramentas *Lean* no setor da construção civil torna-se impossível sem realizar adaptações, pois o ambiente da construção apresenta particularidades, caracterizando-se como muito distinto do ambiente da manufatura. Estas adaptações foram propostas por Koskela em um relatório apresentado na Universidade de Stanford (ARANTES 2008).

2.3.2 Conceitos básicos do *Lean Construction*

A principal mudança introduzida pelo LC na construção civil é o modo de se interpretar os processos produtivos. Os Conceitos básicos da LC podem ser compreendidos analisando o modelo tradicional, onde o processo de produção consiste em transformação ou conversão de matérias-primas em produtos, entradas em saídas. Diante deste modelo, o processo de transformação pode ser dividido em subprocessos, conforme Figura 2, que também é considerado como atividades de transformação (KOSKELA, 1992).

Figura 2 – Transformação de processo e subprocesso

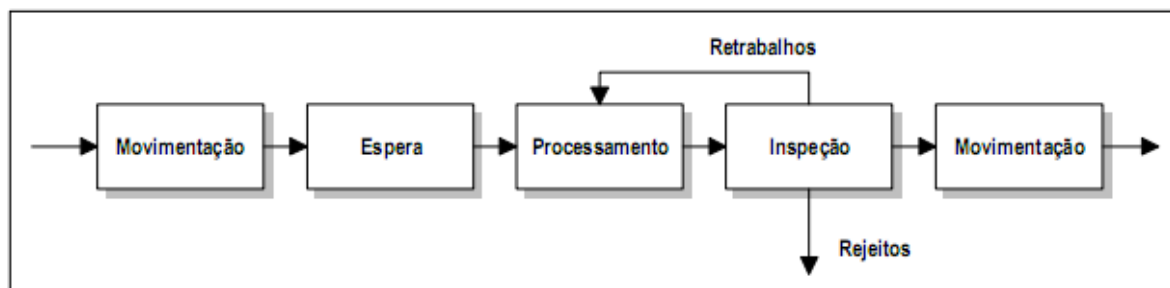


Fonte: Adaptado de Koskela (2000).

De acordo com Koskela (1992), o LC tem como objetivo compreender os processos produtivos da construção civil, determinando uma nova concepção para o mesmo, onde são considerados os deslocamentos físicos entre as atividades de movimentação, espera, processamento e inspeção, conforme Figura 3. Sendo assim, o novo método de produção passa a ser um conceito sobre o gerenciamento da construção, o que independente da complexidade do tema; as inovações deste método podem ser sintetizadas em três pontos principais (KOSKELA, 1992):

- (i) Dispensa do conceito de transformação de *inputs* em *outputs*, passando a constituir um fluxo contínuo de materiais e informações;
- (ii) Processo de produção analisado através de dois eixos: fluxo de materiais (processo) e fluxo de operários (operações);
- (iii) Considerar o valor agregado ao produto sob a ótica do cliente, reformulando o conceito de perdas, passando a englobar atividades que não agregam valor ao produto, como estoque, espera, inspeção e transporte.

Figura 3 – Modelo de processo *Lean Construction*



Fonte: Adaptado de KOSKELA (1992)

2.3.3 Princípios do *Lean Construction*

Os princípios da filosofia da produção enxuta também podem ser aplicados na construção civil; como forma de contextualizar este novo método “enxuto” de enxergar o processo de construção civil, Lauri Koskela desenvolveu onze princípios para o *Lean Construction*, citados a seguir:

- 1- Considerar as necessidades do cliente com objetivo de aumentar o valor do produto;
- 2- Reduzir o tempo de ciclo (*lead time*);
- 3- Reduzir atividades que não agregam valor ao produto final;
- 4- Simplificar tarefas, eliminando passos e partes;
- 5- Dar foco no controle do global do processo;
- 6- Manter equilíbrio entre melhorias de fluxo e nas conversões;
- 7- Reduzir a variabilidade;
- 8- Aumentar a transparência do processo;
- 9- Aumentar a flexibilidade do resultado final;
- 10- Aplicar a melhoria contínua no processo;
- 11- Fazer *benchmarking* (analisar a concorrência para obter aprendizado)

Outro trabalho com o objetivo de generalizar o TPS aplicado à construção civil foi de Picchi (2003), relacionando os princípios de Koskela (1992) e os de Womack e Jones (1998), de forma a propor nove elementos fundamentais baseados na literatura do *Lean Thinking*. No Quadro 2 é proposta uma visão esquemática dos princípios de *Lean Thinking* com os elementos fundamentais de Picchi (2003) e os onze princípios de Koskela (1992).

Quadro 2 – Comparação dos cinco princípios de Womack e Jones (1998) com os elementos fundamentais de Picchi (2003) e os onze princípios de Koskela (1992)

Cinco Princípios do Lean Thinking (WOMACK; JONES, 1998)	Elementos Fundamentais (PICHI, 2003)	Onze Princípios (KOSKELA, 1992)
VALOR	Pacote produto/serviço de valor aplicado	Aumentar o valor do produto através da consideração sistemática dos requisitos dos clientes
	Redução de <i>lead times</i> .	Reduzir o tempo de ciclo
FLUXO DE VALOR	Alta agregação de valor na empresa estendida	Reduzir a parcela de atividade que não agregam valor
		Simplificar através da redução de passos e ligações
		Focar no processo global.
		Manter equilíbrio entre melhorias de fluxo e nas conversões

FLUXO	Produção em fluxo	Reduzir a variabilidade
	Trabalho padronizado	Aumentar a transparência do processo
PUXAR	Produção e entrega <i>just-in-time</i>	Aumentar a flexibilidade de saída
	Recursos flexíveis	
PREFEIÇÃO	Aprendizado rápido e sistematizado	Fazer <i>benchmarking</i>
	Foco comum	

Fonte: Elaborado a partir de Picchi (2003)

Segundo Bernardes (2003), a melhor forma de introduzir estes princípios *Lean* em empresas construtoras é por meio de técnicas e ferramentas; e o planejamento e controle da produção (PCP) é uma delas. Devido a este aspecto, percebeu-se nos últimos anos um avanço importante nos estudos do planejamento e controle da produção (PCP) em empresas de construção civil; principalmente quanto à aplicação do método *Last Planner System* (LPS) para o controle da produção.

Para Ballard (2000), com a utilização do método LPS é provável a criação de uma janela de confiança para o sistema de planejamento, desta forma aumentando a capacidade de aprendizagem e estabilizando o sistema.

2.4 Planejamento e Controle da Produção

O planejamento da produção é conceituado como um processo de gestão, que engloba determinação dos objetivos do projeto e definição dos processos para atingi-los. O processo de planejamento será eficaz somente quando aplicado em conjunto com o controle da produção (BERNARDES, 2003).

O planejamento possibilita, através da informação de metas, o gerenciamento dos processos produtivos, ao mesmo tempo em que o controle garante que estas metas sejam cumpridas, além de avaliar o executado com o planejado a fim de fornecer informações ao planejamento de planos futuros (BALLARD; HOWEL, 1998).

De acordo com Costa (2014), os empreendimentos da construção civil possuem uma sequência cronológica das etapas da obra que deve ser seguida; esta sequência é baseada em critérios do empreendimento tais como: disponibilidades e produtividades da mão de obra, fornecimento de materiais e a necessidade de conclusão de etapas anteriores.

Quanto ao PCP, cabe ressaltar que para este trabalho adota-se o modelo formulado por Ballard (2000), pois está direcionado ao LPS; o planejamento estabelece a sequência que as atividades podem ser realizadas, assim como as metas para o cumprimento das atividades; ainda, o controle tem objetivo de aproximar o que foi planejado daquilo que será executado; e, no momento que o planejado não está sendo executado, ocorre o aprendizado, com as causas do não cumprimento do planejado; constatando-se, desta forma, que o PCP é básico para o sistema de gestão da produção (VILLAS-BOAS, 2004)

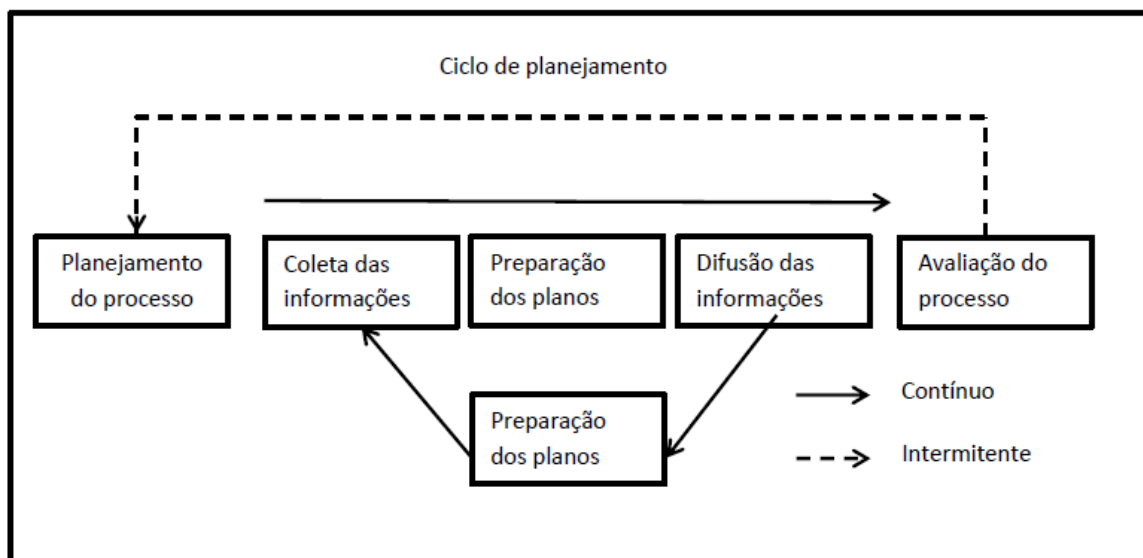
2.4.1 Dimensões do planejamento

Laufer e Tucker (1987) informam que o planejamento é mais bem entendido quando dividido em duas dimensões: a dimensão horizontal, referente às etapas que o planejamento e controle da produção atuam e a dimensão vertical que define a forma de vincular as etapas entre os níveis gerenciais da empresa.

2.4.1.1 Dimensão horizontal

A dimensão horizontal do processo de planejamento, segundo Laufer e Tucker (1987), pode ser dividida em seis etapas, formando um ciclo de planejamento esquematizado na Figura 4.

Figura 4 – As cinco fases do ciclo de planejamento



Fonte: Adaptado de COSTA (2014).

No planejamento pode-se observar a existência de dois ciclos: (i) o intermitente que contempla a primeira e a última atividade - este ciclo é utilizado antes do início do projeto, ao término do projeto e em alguma situação importante no decorrer da obra; (ii) o contínuo, formado pelas atividades intermediárias, é realizado durante toda a etapa de execução da obra (LAUFER; TUCKER, 1987).

2.4.1.2 Dimensão vertical

Quanto à dimensão vertical, de acordo com Formoso (1991), tem-se a ideia de hierarquia entre os planos; desta forma a tomada de decisão envolve várias pessoas em diferentes níveis hierárquicos, durante a construção. Uma das dificuldades para a elaboração de um planejamento é a incerteza, determinada pela diferença entre o número de informações necessárias para a execução de uma atividade e o número de informações existentes (GALBRAITH, 1977 *apud* BERNARDES, 2003).

Com a presença desta incerteza no planejamento, é importante que este seja feito em cada nível hierárquico, com o devido grau de detalhes (FORMOSO, 1991). O planejamento que contém muitos detalhes, caso necessitem ser remodelados, pode gerar um grande esforço (LAUFER; TUCKER, 1987).

O planejamento na dimensão vertical se divide em três níveis: (i) estratégico, que pode ser considerado de longo prazo e gerenciado por diretores; (ii) tático, operado por engenheiros de produção no médio prazo; (iii) e o operacional e de controle, que atua no curto prazo e executado por mestre de obras e subempreiteiros (LAUFER; TUCKER, 1987).

2.4.2 Planejamento tradicional de projetos

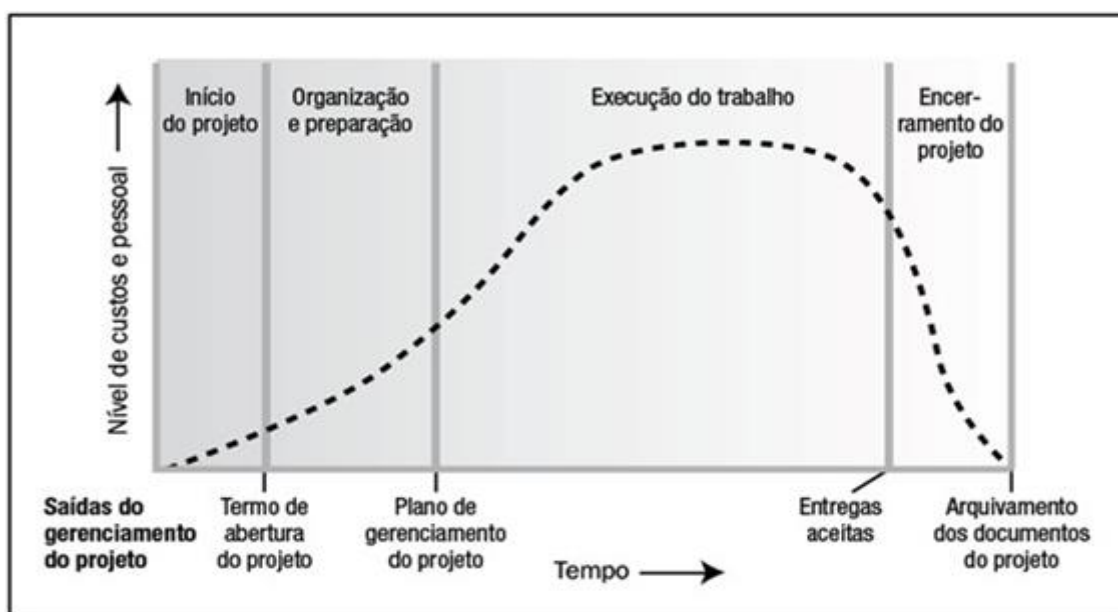
O modelo tradicional de planejamento de projetos é utilizado por mais de 90% das empresas de construção civil nos Estados Unidos e utiliza para gerenciamento os métodos PERT-CPM (OLIVIERI *et al.*, 2016). Este modelo, disseminado pelo *Project Management Institute* (PMI), caracteriza o gerenciamento de projetos como a utilização de conhecimento aplicado, ferramentas, habilidades e técnicas, com objetivo de atender as necessidades do mesmo (PMBOK, 2013).

Os processos de gerenciamento são divididos entre as cinco etapas do projeto que, de acordo com o PMBOK (2013), são:

- (i) Iniciação;
- (ii) Planejamento;
- (iii) Execução;
- (iv) Monitoramento e Controle;
- (v) Encerramento.

Para cada etapa do projeto é necessário um determinado nível de custos e de quantidade de recursos produtivos. A Figura 5 mostra um exemplo de ciclo de vida de acordo com as necessidades em cada etapa.

Figura 5 – Ciclo de vida dos projetos



Fonte: PMBOK (2013)

As cinco fases do ciclo de vida são contextualizadas também por Valeriano (1998), onde: (i) fase de iniciação, que inclui atividades que vão desde o conceito inicial do produto até o objeto de pesquisa, passando pela elaboração de uma proposta para aprovação; (ii) fase de planejamento, onde é programado o projeto de acordo com as particularidades necessárias para a execução e controle; (iii) fase de execução, na qual os trabalhadores das equipes de projeto executam o trabalho da obra, sob a coordenação do gerente de projetos; (iv) fase de monitoramento e controle, que visa ajustar o realizado com o planejado, dividido em quatro

etapas, acompanhamento, avaliação, decisão e retroalimentação; e (v) fase de encerramento onde é feita a transferência dos resultados do projeto, com a aprovação do cliente.

2.4.2.1 Gerenciamento de escopo

De acordo com Valeriano (1998), para a aprovação, planejamento e execução de um projeto não basta ter conhecimento dos seus objetivos, se faz necessário um documento estabelecendo todos os conteúdos do projeto, desta forma se obtém o entendimento completo do significado do projeto.

Gerenciar o escopo consiste em estabelecer e controlar se o projeto está fluindo de acordo com o planejado, se o que está sendo realizado está incluso nos pacotes de trabalho. O gerenciamento do escopo é a base para o gerenciamento de outras áreas de conhecimento, tendo o escopo definido e traduzido em pacotes de trabalho pela Estrutura Analítica de Projetos (EAP) (DISNMORE e SILVEIRA 2013).

Para Dinsmore e Silveira (2013), escopo é o método de subdivisão dos resultados do projeto em partículas menores com maior facilidade de gerenciamento; apenas a simples definição destes trabalhos não é considerável para o gerenciamento diário do escopo. É fundamental que esta descrição do trabalho se torne um produto, entrega ou um resultado concreto do realizado.

O escopo pode ser caracterizado de duas formas, segundo PMBOK (2013):

- (i) **Escopo de Produto:** São as características e funções que determinam um produto, serviço ou resultado;
- (ii) **Escopo de Projeto:** É o trabalho que deve ser executado para entregar um produto, serviço ou resultado, com peculiaridades e funções especificadas.

Para o detalhamento do projeto é necessário definir os pacotes de trabalho utilizados na EAP. O nível de detalhamento deve ser descrito e organizado de acordo com o tempo de cada tarefa, sendo este aproximado em semanas ou dias, de acordo com a complexidade do projeto (CAVALIERI, 2007).

2.4.2.3 Gerenciamento do prazo

Dentre todos os tópicos que geram preocupações em um empreendimento, o “tempo” é um dos mais relevantes, pois apresenta característica única, inexorabilidade. Todo tempo gasto é um tempo perdido que não se pode recuperar. Desta forma, o correto gerenciamento do tempo se torna importante em empreendimentos (CAVALIERI, 2007).

O gerenciamento do prazo, de acordo com PMBOK (2013), compõe-se em um planejamento de nível estratégico; neste são determinados os ritmos dos processos de produção, as metas gerais do empreendimento e é utilizado como guia para estabelecimento de contratos. As atividades envolvidas no planejamento são:

- (i) Definição das atividades;
- (ii) Sequenciamento de atividades;
- (iii) Estimativa de recursos da atividade;
- (iv) Estimativa de duração da atividade;
- (v) Desenvolvimento do cronograma;
- (vi) Controle do cronograma.

O sistema de gerenciamento do prazo é constituído pelos métodos americanos de programação por redes, conhecidos como PERT-CPM, os quais são amplamente utilizados no planejamento e controle de obras na construção civil (PFAFFENZELLER, 2015).

O método PERT (*Program Evoluution as Review Technique*) foi desenvolvido em meados de 1958 pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos para suprir a necessidade de gerenciar a programação e a construção de submarinos atômicos POLARIS (PFAFFENZELLER, 2015). O método CPM (*Critical Path Method*) também foi desenvolvido na década de 50 pela empresa americana Du Pont de Nemours com o objetivo de aprimorar a programação da empresa e desenvolver uma técnica de planejamento e controle de para manutenção de grandes equipamentos (PRADO, 1988)

A principal diferença entre os métodos é que no modelo PERT o cálculo é feito através de uma média ponderada entre três estimativas de durações (mais provável, otimista e pessimista); já o modelo CPM resume-se na apuração do caminho crítico, isto é, encontrar a

sequência de atividades (dentro de uma série de atividades que não podem sofrer alteração em sua duração) sem que afete a duração total do projeto. Desta forma, pode-se classificar o PERT como sendo um método probabilístico e o CPM como determinístico (PFAFENZELER, 2015).

Os objetivos dos métodos PERT/CPM são:

- (i) Minimizar problemas localizados em projetos, como atrasos, interrupções e estrangulamentos na produção;
- (ii) Identificar com antecedência atividades críticas, cujo cumprimento possa influenciar na duração total do projeto;
- (iii) Manter a alta gerência informada quanto ao desenvolvimento favorável ou desfavorável de cada atividade, permitindo uma ação antecipada para qualquer fator influenciador na duração do projeto;
- (iv) Estabelecer o “quando” cada envolvido deve iniciar e concluir suas atribuições;
- (v) Ser um forte instrumento de planejamento e controle.

Os métodos PERT/CPM consistem na elaboração de um cronograma das atividades do projeto, assim como as datas de início e término de cada uma delas; as datas devem ser realistas para que o projeto termine no prazo. As datas de início e término podem ser classificadas conforme segue abaixo (HIRSCHFELD, 1973).

- (i) **Data de início mais cedo (*Early Start Date* – ES):** é a data mais cedo que a atividade pode ser iniciada, caso sejam obedecidas as durações estimadas de todas as antecessoras;
- (ii) **Data de término mais cedo (*Early Finish Date* – EF):** é a data mais cedo que a atividade pode ser finalizada, começando na data de início mais cedo e obedecendo a duração estimada da atividade.
- (iii) **Data de término mais tarde (*Late Finish Date* – LF):** é a data mais tarde que uma atividade pode ser terminada sem que atrase a duração final do projeto;
- (iv) **Data de início mais tarde (*Late Start Date* – LS):** é a data mais tarde que a atividade pode começar atendendo a sua data mais tarde de término.

Além da definição das datas de início e término, o método CPM apresenta o caminho crítico do projeto, que pode ser definido como o caminho mais longo até o término do projeto, sendo as atividades do caminho crítico que definem o término do projeto; desta forma, é de grande importância identificar estas atividades, pois qualquer alteração na duração destas acarretará em um atraso na duração total do projeto (PRADO, 1988).

2.4.2.6 Problemas no modelo tradicional

O modelo tradicional de planejamento, como já citado em outra seção, é baseado no método de caminho crítico CPM e na técnica de revisão de programas PERT. Contudo, estas técnicas, de acordo com Laufer e Tucker (1987), mostram-se inadequadas para o setor da construção civil, pois as mesmas foram desenvolvidas com o pressuposto de haver um controle central, característica pouco encontrada na construção civil (BERNARDES, 2003).

O sequenciamento de atividades no CPM, segundo Bernardes (2003), raramente considera as limitações de recursos. Outra crítica é que as redes PERT/CPM destinam-se basicamente ao sequenciamento das operações, desta forma não se adequando à grande parte das atividades da construção. O mesmo autor destaca o caráter único de cada empreendimento, que torna a gestão da produção bastante diferente e mais complexa, em comparação à indústria manufatureira.

Com intuito de sanar tais problemáticas observadas no sistema tradicional de planejamento, foram estruturados novos modelos organizacionais, onde se destacou o surgimento do *Last Planner System* (LPS).

2.4.3 Last Planner System (LPS)

O LPS foi criado e desenvolvido nos EUA desde 1992; a primeira publicação foi feita na conferência inaugural do *International Group for Lean Construction* - IGLC (BALLARD, 2000). Contudo, a difusão e utilização do sistema ocorreu após a publicação do artigo “*Shielding Production*”, em 1997, por Ballard e Howell (GRENHO, 2009)

De acordo com Ballard (2000), o sistema foi desenvolvido para melhorar a eficácia dos sistemas de planejamento e controle da construção civil, através de modelos e conceitos

da Engenharia de Produção. Este modelo confere um ambiente confiável para a produção, com a diminuição da variabilidade do fluxo de trabalho (ROEHRS, 2012).

Segundo Arantes (2008), desde o advento das teorias do *Lean Production* para a construção civil, o modelo LPS foi o que teve melhor adaptação no setor. O modelo de PCP apresentado inicialmente direcionava-se a otimizar a produtividade e qualidade no canteiro de obras; com o passar do tempo, devido às modificações sofridas no setor de manufatura, influenciado pelo STP, o sistema direcionou seu foco no aumento da confiabilidade do fluxo de trabalho (BALLARD, 2000).

O LPS é um sistema de planejamento e controle com a visão baseada no planejamento de atividades; além de ser um procedimento que demanda um debate entre a equipe técnica de obra e a equipe de planejamento com objetivo de garantir que os funcionários não estejam esperando por trabalho e, da mesma forma, que o trabalho não esteja esperando pelo trabalhador. LPS pode ser interpretado como uma ferramenta que transforma o que poderia ser executado no que pode ser executado. (KOSKELA, 2014).

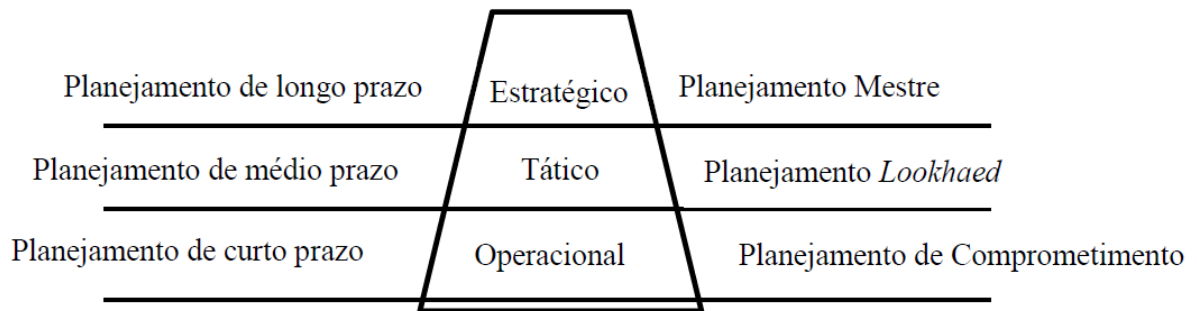
O LPS admite que todas as atividades possuem incertezas e restrições que podem impedir a execução de alguma atividade; desta forma, para tratar de restrição e incertezas em atividades planejadas, o LPS prevê o tratamento de recursos e requisitos para que as atividades sejam executadas sem interrupções no planejamento de médio prazo (BALLARD, 2000).

2.4.3.1 Hierarquização do modelo *Last Planner*

De acordo com Ballard (2000), o sistema LPS pode ser representado em três níveis de planejamento: longo, médio e curto prazo, conceituados no subcapítulo 2.4.3.1.1, 2.4.3.1.2 e 2.4.3.1.3 respectivamente. O planejamento de longo prazo, também chamado de planejamento mestre, tende a focar nos objetivos gerais do projeto e em suas restrições. Esses objetivos conduzem ao nível inferior chamado de planejamento *Lookahead*, onde são especificados os meios para a realização das atividades formando um fluxo de trabalho. Por último, uma pessoa (ou um grupo) tem a função de decidir o fluxo das atividades que serão executadas no horizonte de curto prazo. Este nível tem sido chamado de planejamento de comprometimento, e o responsável pela tomada das decisões é chamado de último planejador

(*Last Planner*) (BALLARD, 2000). A Figura 6 apresenta os níveis de planejamento e seus horizontes.

Figura 6 – Níveis e horizontes de planejamento

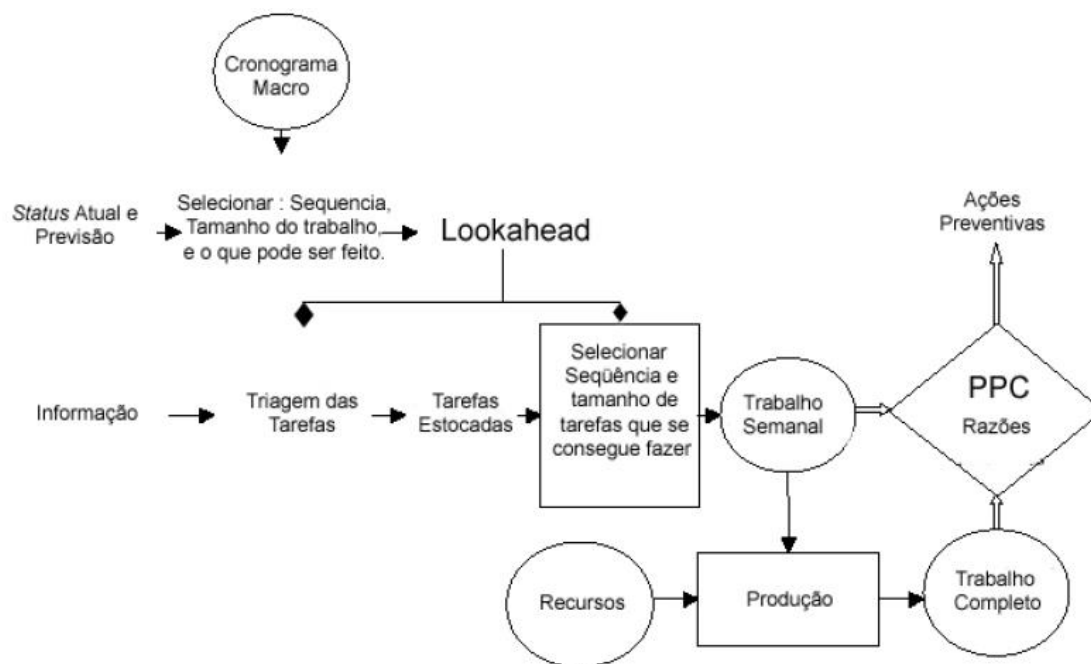


Fonte: Elaborado pelo autor.

Depois de realizado o planejamento de curto prazo (semana seguinte), conforme Ballard (2000), faz-se necessária a comunicação das premissas impostas pelo último planejador para com a equipe de execução no canteiro de obra. Fazendo com que a execução deste planejamento seja um compromisso de toda a organização.

Sendo assim, o último planejador (*Last Planner*) estabelece o que será executado na próxima semana. Deste modo, considera-se que o resultado do planejamento busque balancear o que será realizado com o que deveria ser realizado, verificando as restrições do que pode ser realizado (BALLARD, 2000). A Figura 7 apresenta a estrutura do processo *Last Planner*.

Figura 7 – Estrutura do processo LPS



Fonte: Adaptado de BALLARD (2000)

2.4.3.1.1 Planejamento Mestre

Antes mesmo do início de um empreendimento, normalmente é realizado um planejamento mestre, abordando todas as etapas da construção. Este plano pode ser utilizado desde a coordenação de tarefas de longo prazo como estimar gastos e despesas. Porém, não devem ser detalhados ao extremo, pois nesta etapa as informações sobre a obra são escassas (MOURA, 2008).

Segundo Ballard e Howell (1998), o plano mestre é utilizado para a identificação dos objetivos principais da obra e, por meio destes, elaborar orçamentos, cronogramas e definir as datas macro da obra. De acordo com Bernardes (2003), ainda nesta etapa devem ser feita a programação dos recursos que necessitam de contratação antecipada, assim como compra ou aluguel de materiais e equipamentos e/ou a contratação de mão de obra.

2.4.3.1.2 Planejamento *Lookahead*

De acordo com Bernardes (2003), este nível de planejamento é responsável pelo ajuste e integração do planejamento de longo prazo com o de curto prazo. Desta forma, a

equipe de planejamento da obra, a partir da disposição de melhores informações, toma as decisões e ações necessárias para o comprimento das atividades planejadas, assim como o replanejamento de atividades que não foram cumpridas neste período (MOURA, 2008).

Mediante a comprovação da insuficiência do mecanismo de proteção da produção aplicado no curto prazo, para dar condições para que as equipes de obra obtenham um nível alto de eficiência, motivou-se a incorporar o processo de planejamento de médio prazo ao LPS (BALLARD, 2000).

Sendo assim, segundo Ballard e Howell (1998), o planejamento *Lookahead* atua como um mecanismo de proteção da produção, criando um bloqueio que proíbe a liberação de atividades que não cumpram critérios de qualidade. Além de controlar a liberação de atividades do médio para o curto prazo após a análise e remoção de todas as restrições da atividade (BERNARDES, 2003).

De acordo com Coelho (2003), na técnica de remoção das restrições também são avaliadas o caráter e necessidades de cada processo, identificando interferências entre equipes de produção e alocando-as no tempo certo, com objetivo de eliminar atividades ou movimentações desnecessárias e a diminuição de atividades que não agregam valor ao produto e processo.

Outro aspecto significativo a ser ponderado no planejamento de médio prazo é o seu horizonte que, segundo Bernardes (2003), pode variar entre duas semanas até três meses, dependendo da duração e complexidade da obra. Deve-se observar que o horizonte de planejamento necessita ser maior que o ciclo de controle; por exemplo, em um ciclo de controle de vinte dias, e um horizonte de médio prazo de três meses, significa que a cada vinte dias são programadas as atividades para os próximos três meses (MOURA, 2008).

Segundo Coelho (2003), o planejamento médio pode ser considerado como etapa de ajuste e atualização do planejamento de longo prazo, pois este deve estar desatualizado devido a novos dados obtidos na produção. Como objetivos principais do *Lookahead Planning*, ainda pode-se destacar: a determinação de um fluxo de trabalho ideal; o ajuste do fluxo de trabalho com o volume de produção das equipes; a decomposição das atividades do planejamento mestre em tarefas e operações; e, por fim, a atualização e revisão do planejamento mestre conforme necessidade (BALLARD, 2000). Na Figura 8 apresenta-se um modelo de planejamento de médio prazo, proposto por Moura (2008).

Figura 8 – Planejamento *Lookahead*

PLANEJAMENTO MÉDIO PRAZO							OBRA: _____ DATA: _____ LOCAL: _____ ENGENHEIRO RESPONSÁVEL: _____																											
EQUIPE	DESCRIÇÃO DA TAREFA	RESTRIÇÃO	INICIO	FIM	DURAÇÃO	STATUS	SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3							SEMANA 4						
							S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D
					0																													
					0																													
					0																													
					0																													
					0																													
					0																													
LISTA DE RESTRIÇÃO			DATA LIMITE																															
			SEMANAS																															
Nº	DESCRIÇÃO DA RESTRIÇÃO (PROJETO, MATERIAIS,	RESPONSÁVEL	DATA	S1	S2	S3	S4	ENCAMINHAMENTO							STATUS		PROBLEMA / CAUSA NÃO LIBERADO																	

- (iii) O sequenciamento das atividades deve ser de acordo com a ordem construtiva da obra, de forma a atender os requisitos da equipe de produção;
- (iv) O dimensionamento da tarefa de acordo com a capacidade de produção da equipe e coerente com o tempo disponível;
- (v) Para as tarefas não realizadas, deve-se identificar as causas do não cumprimento de forma a constituir um aprendizado.

Segundo Moura (2008), o planejamento de comprometimento é executado em ciclos semanais, onde são definidas as tarefas que serão executadas no próximo ciclo. Deste modo, os planos no LPS são gerados de forma perspectiva, à medida que as informações sobre os objetivos ou da situação da produção são atualizadas. Para Ballard (2000), uma grande parcela dos problemas enfrentados no curto prazo poderia ser eliminada através da análise das atividades no médio prazo, antes de serem incluídas no curto prazo, principalmente se seguirem os requisitos de qualidade citados acima.

De acordo com Koskela (1992), a probabilidade de execução das tarefas no curto prazo é alta, devido à correta definição das mesmas; desta forma diminui-se a variabilidade dos fluxos. Porém, ainda assim existe uma pequena variabilidade residual; e, para sanar tal problemática, geralmente, se possível, são planejadas atividades reservas para as equipes, caso a atividade principal não possa ser cumprida.

Para verificação da confiabilidade do planejamento de curto prazo tem-se o indicador Percentual de Pacotes Concluídos (PPC²). Segundo Ballard e Howell (1998), este indicador mede o grau de atividades confiáveis que estão sendo incluídas nos planos semanais, ou seja, atividades com grande probabilidade de serem executadas e que atendem aos requisitos de qualidade.

Além do PPC, Koskela (1992) enfatiza o valor do controle das atividades que não puderam ser cumpridas, identificando as causas do não cumprimento; esta identificação serve para retroalimentar os próximos planos, constituindo uma melhoria contínua no processo de planejamento. Na Figura 9, abaixo, Moura (2008) apresenta um exemplo de planilha para realização do curto prazo.

² Este indicador será explicado no subcapítulo 2.5.2

Figura 9 – Planejamento de Comprometimento

ITEM	PACOTE DE TRABALHO	LOCAL	EQUIPE	RESPONSÁVEL	STATUS	DIAS DA SEMANA							% REALIZADO	CAUSAS DO ATRASO / SUCESSO
						S	T	Q	Q	S	S	D		
			Oficial		Prev.									
			Aux.		Real									
			Oficial		Prev.									
			Aux.		Real									
			Oficial		Prev.									
			Aux.		Real									
			Oficial		Prev.									
			Aux.		Real									
			Oficial		Prev.									
			Aux.		Real									
			Oficial		Prev.									
			Aux.		Real									

Fonte: Elaborado a partir de Moura (2008).

2.4.3.2 Processo de planejamento *Last Planner System*

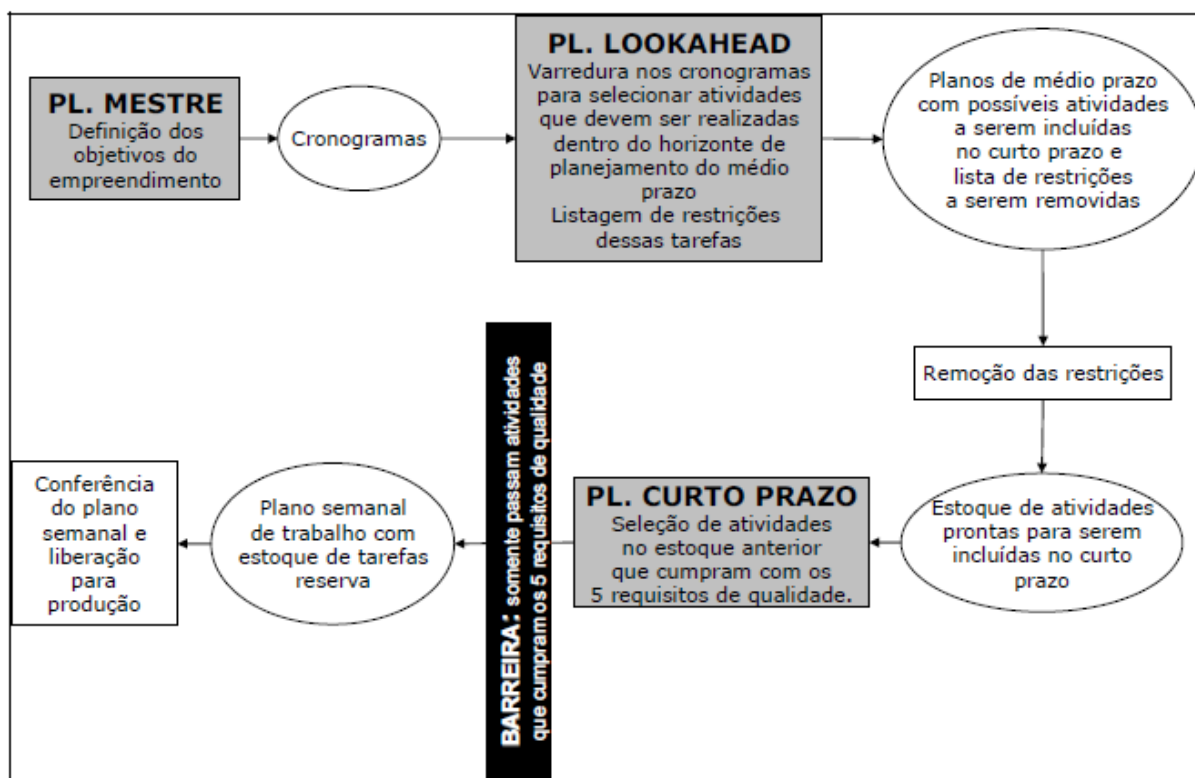
Com o planejamento de comprometimento realizado, deve-se transferir estas informações para as equipes de produção, fazendo com que este processo torne-se eficiente e colaborativo entre os setores. Verificando todas as restrições do que pode ser feito, tem-se um processo de planejamento que busca ajustar o que será executado com o que deveria ser executado (BALLARD, 2000). A Figura 10 apresenta uma estrutura do processo *Last Planner*.

De acordo com Ballard (2000), o sistema de controle da produção *Last Planner* apresenta uma filosofia com procedimentos e regras que viabilizam a implementação *Lean* nos processos.

Contudo o LPS, do mesmo modo como o modelo tradicional, apresenta problemas. Sob o enfoque crítico, o LPS apresenta dificuldades para mensurar o desempenho global da obra, pois atua na execução de atividades no curto prazo (HUBER; REIZER, 2003).

De acordo com Koskela (2010), o Sistema *Last Planner*, em sua natureza, está desinteressado na contribuição para o sucesso global do projeto; isto se dá devido ao foco na conclusão das atribuições individuais da equipe de produção. Sendo assim, o LPS sabe quem está executando, onde e como, contudo não sabe o porquê deste esforço. Na próxima seção serão apresentados os conceitos sobre a integração do modelo tradicional e enxuto.

Figura 10 – Estrutura geral do processo



Fonte: MOURA (2008)

2.4.4 Método integralizado de planejamento (tradicional e enxuto)

Diversos trabalhos publicados no IGCL evidenciam a necessidade de adaptação do CPM para o setor da construção. Como exemplo pode-se citar que em empreendimentos de múltiplos pavimentos ou de grande período de execução, os cronogramas não podem ser especificados com precisão no longo prazo devido a incertezas dos prazos e dos pacotes de entrega, além do método apresentar deficiências na gestão diária das tarefas (MENDES JUNIOR *et al.*, 1998; TANMAYA *et al.*, 2012; SEPPANEN *et al.*, 2014 *apud* PICHI *et al.*, 2016; KOSKELA *et al.*, 2014).

Para Hamzeh *et al.* (2012), um dos problemas encontrados no modelo tradicional de gerenciamento de projetos é a utilização em excesso de intervalos de tempo ou *buffers*³ nas atividades para proteger e garantir a execução do cronograma. Os *buffers* são alocados a cada atividade, com objetivo de suprir potenciais incertezas, provocando o efeito de que as atividades sucessoras não serão executadas, pois não está clara a conclusão da atividade predecessora (KOSKELA *et al.*, 2014).

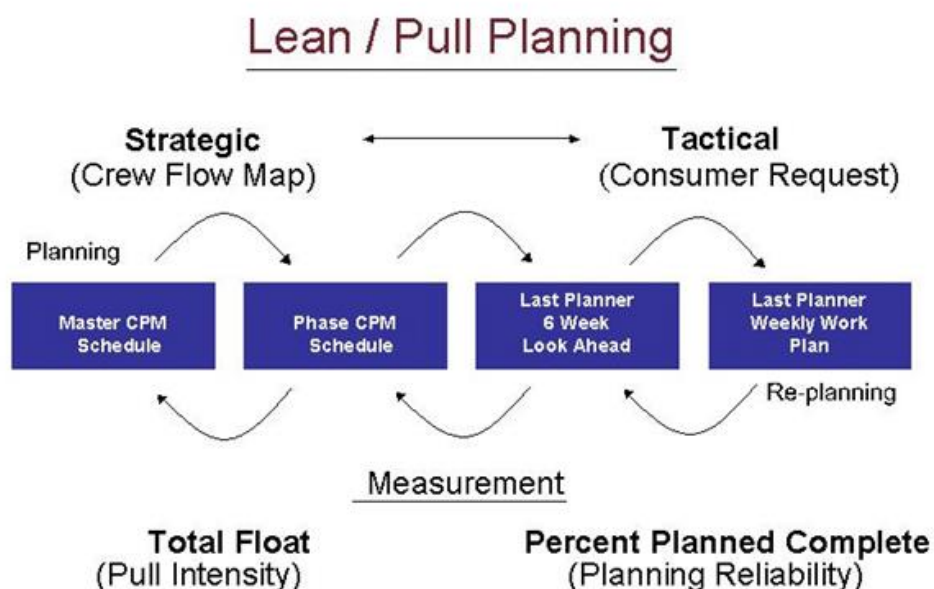
³ Folgas adicionadas entre atividades, para que o cronograma seja executado no prazo.

As temáticas PERT-CPM e suas ferramentas, de acordo com Olivieri *et al* (2016), também receberam atenção da comunidade científica nacional (entre outros, Assumpção e Fugazza (1998), Bortolazza e Formoso (2006), Kemmer *et al.* (2008), Viana *et al.* (2010), Bulhões e Picchi (2013)). Contudo, essas pesquisas focaram seus objetivos no entendimento e implementação dessas técnicas e ferramentas de forma individual.

De acordo com Huber e Reiser (2003), o método tradicional PERT-CPM é desinteressado na coordenação de curto prazo das equipes de produção; ele sabe o que as equipes estão fazendo, o porquê e onde, mas não como. Já o LPS não se preocupa com a contribuição geral do projeto causada pela execução uma a uma das atividades; ele sabe quem, onde e como, mas não o porquê. Não existe uma desvantagem quantificável para o LPS; um resultado ruim de PPC em dada semana pode ou não colocar o cronograma do projeto em risco. Para isso faz-se necessária a utilização da ferramenta CPM e seu cálculo de flutuação total para identificar a situação.

Nesse cenário, o CPM e o Sistema *Last Planner* informam-se mutuamente da intensidade de puxamento (*float total*) e da confiabilidade de planejamento (percentagem planejada completa) à medida que o projeto é planejado e replanejado em um ciclo periódico conforme o projeto progride. A Figura 11 ilustra o ciclo de planejamento usando o CPM e o Sistema *Last Planner*.

Figura 11 – Ciclo de planejamento CPM e LPS



Desta forma, aplicando-se o LPS com o CPM e focando no fluxo de trabalho para as equipes de produção, o planejamento e controle da produção pode encontrar um terreno comum com o *Lean Construction* em um sistema de planejamento colaborativo (HUBER; REISER, 2003). Devido a estas definições foi proposta para este trabalho a aplicação de um modelo integrado de planejamento e controle da produção. Como forma de avaliação do modelo são utilizados indicadores de desempenho apresentados a seguir.

2.5 Indicadores de Gestão de produção

Para o desenvolvimento do presente estudo, foi necessária a utilização e conhecimento básico sobre indicadores de gestão da produção e medição de desempenho. Tais conceitos e definições estão apresentados abaixo, antecedendo uma discussão.

2.5.1 Índice de desempenho (IDP)

Segundo Moura (2008), o desvio de prazo (DP) tem por objetivo principal o monitoramento do andamento da obra, comparando-se o prazo previsto com o prazo efetivo (BERNARDES, 2003). Analogamente à variação dos custos, calcula-se a variação dos prazos através da diferença entre o prazo previsto e o prazo real (MOURA, 2008). O índice de desempenho dos prazos é calculado pela razão entre a variação e o prazo previsto (TURNER, 1993 *apud* MOURA, 2008):

$$DP = \frac{PP}{PE} \quad (1)$$

Onde:

DP= Desvio do prazo

PE= Prazo efetivo

PP= Prazo previsto

Através destes resultados pode-se verificar o andamento da obra que estará adiantada se o resultado for maior que 1 e atrasada em relação ao planejado se o resultado for menor que 1. Dentre os indicadores relativos ao processo de planejamento e controle da produção, tem-se:

porcentual de planos concluídos (PPC) e causas do não cumprimento dos planos; tais indicadores serão explicados nos títulos que seguem abaixo.

2.5.2 Porcentual de Plano Concluído (PPC)

Segundo Grenho (2009), o PPC aponta em valores percentuais o número de atividades concluídas sobre o total das que foram estipuladas no plano semanal, o que o torna um dos índices mais comuns de medição da realização efetiva do plano semanal, e é calculado da seguinte maneira:

$$PPC = \frac{n^{\circ} \text{ atividades concluídas}}{n^{\circ} \text{ atividades planejadas}} \times 100 \quad (2)$$

Porém, deve-se ter ciência de que o valor do PPC considerado aceitável encontra-se na faixa de 75 a 85%, deixando-se claro que nem sempre se busca os 100%, o que é ilusório tratando-se de construção civil. Conforme o mesmo autor, este indicador é inovador, pois gera uma informação sobre a eficiência do seu planejamento, diferente dos índices de prazos, que estão mais relacionados com a produtividade (GRENHO, 2009).

O crescimento dos resultados de PPC é atribuído ao atingimento da eficiência produtiva, e ao avanço físico adequado para a obra. (BALLARD, 2000). Contudo, considera-se que existe um esforço considerável para dimensionar as equipes técnicas de acordo com a sua capacidade real de produção (MOURA, 2008). A seguir, no Quadro 3, Moura (2008) apresenta os valores obtidos em trabalhos realizados por alguns dos principais autores da área em diferentes países.

Quadro 3 – Valores de PPC de outros autores

PPC médio	Ano	Autores	Descrição	País
69,00%	1996-1997	Koskela, Ballard e Tanhuanpää (1997)	PPC médio de um prédio comercial com 7600m ²	Finlândia
70,58%	1996-2005	Bortolazza (2006)	PPC médio de diversas obras de diversos nichos de mercado	Brasil
69,27%	1998-2003	Soares (2003)	PPC médio de obras industriais para clientes privados de uma única	Brasil
75,46%	1999	Ballard (2000)	PPC médio de 41 semanas de um empreiteiro de revestimento e sistemas de cobertura em um único	Reino Unido

63,00%	2001	Alarcón <i>et al.</i> (2005)	PPC médio em 77 empreendimentos de 12 empresas	Chile
67,00%	2002			
71,00%	2003			
75,50%	2003	Botero e Alvarez (2005)	PPC médio de diversas empresas no nicho de habitações de interesse social	Colômbia

Fonte: Moura (2008)

2.5.2.2 Causas do não cumprimento de planos

As causas relacionadas à não conclusão das atividades no horizonte de curto prazo necessitam ser registradas, pois através do entendimento destas é provável utilizá-lo como oportunidade de melhoria no sistema de gestão da produção, a fim de otimizar o desempenho da obra (BERNARDES, 2003).

Conforme as características regionais e econômicas do local em que a obra será executada, existem diversas causas possíveis para o não cumprimento dos planos. Para o presente trabalho adotou-se possíveis causas listadas no manual de utilização do SISIND-NET (MOURA, 2008). Nessa lista, que foi elaborada com a auxílio de diversas empresas do setor, constam oito grupos com trinta e seis causas de não cumprimento de tarefas, apresentadas no Quadro 4, a seguir:

Quadro 4 – Lista de causas de não cumprimento de atividades

MAO DE OBRA		MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	
1	Absenteísmo	10	Falta de programação de materiais
2	Falta de comprometimento do empreiteiro	11	Falta por perda elevada
3	Baixa produtividade	12	Falta de materiais do empreiteiro
4	Modificação de equipe (decisão gerencial)	13	Falta de programação de equipamentos
5	Afastamento por acidente	14	Manutenção de equipamento da construtora
6	Falta de programação de mão-de-obra	15	Mau dimensionamento
7	Superestimação da produtividade	PROJETO	
8	Interferência entre equipes de trabalho	16	Falta de projeto
9	Falta de dados sobre um novo serviço	17	Má qualidade do projeto
		18	Incompatibilidade entre projetos
		19	Alteração do projeto
		20	Falta de conferência do projeto

PLANEJAMENTO		PROBLEMAS METEOROLÓGICOS	
21	Modificações dos planos	33	Condições adversas do tempo
22	Má especificação da tarefa	FORNECEDORES	
23	Atraso da tarefa antecedente	34	Fornecedor
24	Pré-requisito do plano não cumprido	35	Atraso na entrega
25	Falha na solicitação do recurso	36	Manutenção de equipamento do fornecedor
26	Problema não previsto na execução		
27	Problema na gerência do serviço		
28	Solicitação de modificação do serviço		
29	Solicitação de inclusão de pacote de trabalho		
30	Solicitação de paralisação dos serviços		
31	Idefinição por parte do cliente		
32	Liberação de serviços extras		

Fonte: Moura (2008).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

No presente capítulo é apresentada a forma pela qual a pesquisa foi conduzida, visando à integração dos modelos apresentados no Capítulo 2. Também se objetivou caracterizar a pesquisa de acordo com as regras dispostas na literatura referente a métodos de pesquisa. Para Silva e Menezes (2015), o método possui a função de ensinar como desenvolver a pesquisa, ajudando a refletir e instigando a utilização de um olhar curioso, indagador e criativo. Para isto, este Capítulo está disposto em dois subcapítulos; um que apresenta o método utilizado e outro que apresenta a classificação da presente pesquisa.

3.1 Classificação da Pesquisa

No contexto apresentado anteriormente, a pesquisa procura tratar de um problema real existente na construção civil, o planejamento e controle do empreendimento; desta forma, busca-se a integração de métodos de planejamento e controle; para isto a pesquisa pode ser classificada quanto à natureza como aplicada, pois visa solucionar problemas através da aplicação prática dos métodos.

Do ponto de vista da abordagem do problema a pesquisa classifica-se como qualitativa e como quantitativa, pois é caracterizada e refina conceitos identificados nas bibliografias de acordo com as características observadas na empresa e visa avaliar o método aplicado através de números e indicadores.

A pesquisa qualitativa é utilizada para detalhar as questões da pesquisa e explorar casos. Os dados são gerados através de descrições e observações, tornando o processo de pesquisa bastante flexível para o desenvolvimento da teoria. A pesquisa quantitativa é

utilizada em situações nas quais se pretende validar uma hipótese sem entender suas motivações (GIL, 2007).

Para Silva e Menezes (2015), a interpretação e a atribuição de significados são típicos da pesquisa qualitativa, onde o ambiente natural é a fonte de coleta de dados e o pesquisador é o instrumento chave que descreve e analisa os dados indutivamente, além da possibilidade de fazer perguntas e criar hipóteses antes, durante e depois da coleta e análise dos dados.

Já a abordagem quantitativa, de acordo com Sampieri *et al.* (2006), utiliza-se da coleta de dados para responder questões da pesquisa, assim como testar hipóteses; desta forma, visa traduzir opiniões e números em informações para serem analisadas.

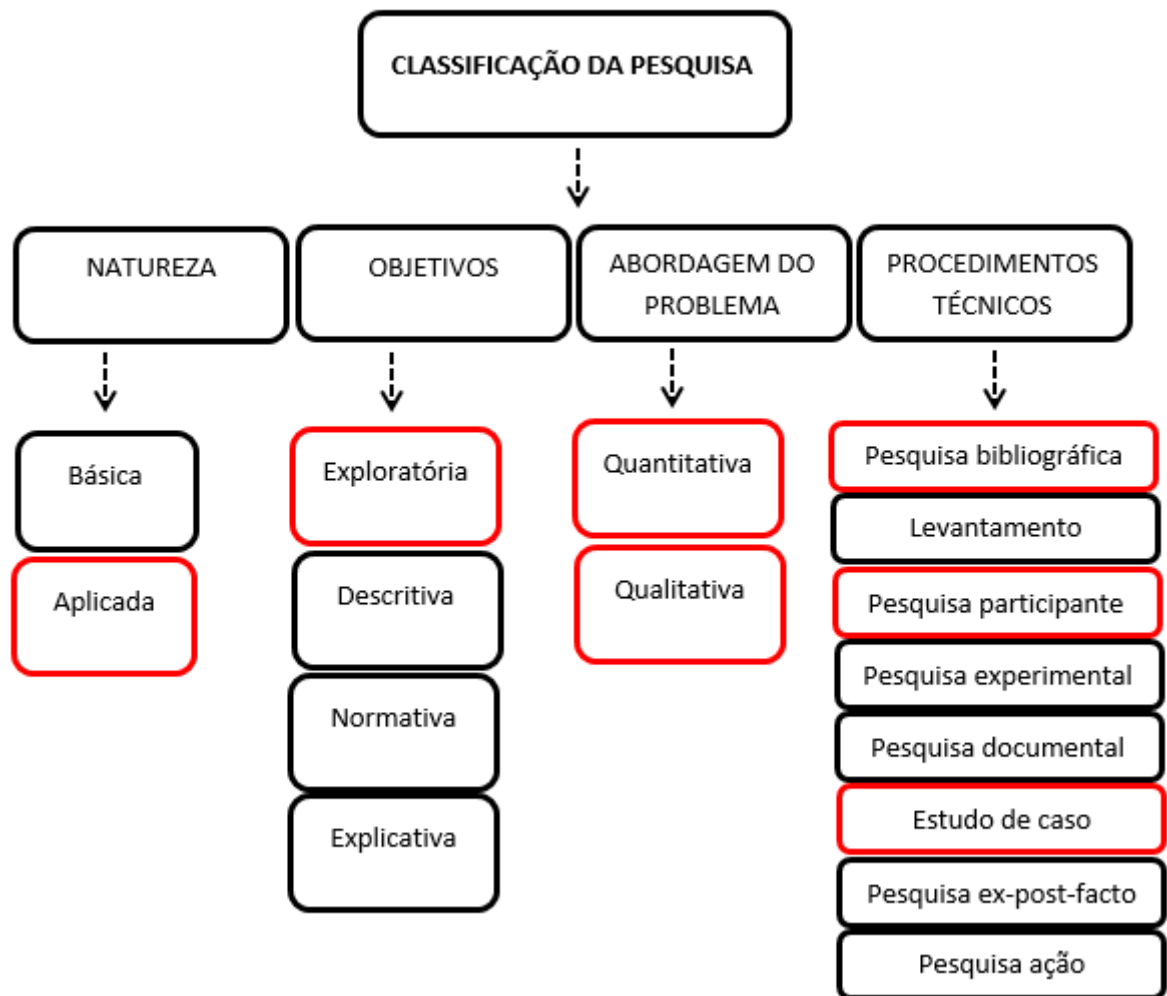
A finalidade do trabalho é obter familiaridade com o problema apresentado, explorando o assunto, ou seja, a pesquisa será do tipo exploratória. Para Andrade (2010), a pesquisa exploratória é o início de qualquer trabalho científico, pois através dela avalia-se a possibilidade da pesquisa ser boa ou não.

Segundo Gil (2007), a pesquisa exploratória tem o propósito de proporcionar maior familiaridade com o problema e torná-lo mais explícito. Segundo o autor, a maioria das pesquisas realizadas com propósitos acadêmicos é de caráter exploratório, pois é pouco provável que, neste momento, o acadêmico tenha uma definição clara do assunto.

Quanto à classificação dos procedimentos técnicos utilizados: a pesquisa utiliza o estudo de caso visando o planejamento e controle da obra através do método integrado, tradicional e enxuto. Segundo Gil (2007), o estudo de caso permite um amplo e detalhado conhecimento, através do estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos.

Para melhor entendimento dos métodos utilizados, a Figura 12 apresenta a classificação da pesquisa realizada e os campos destacados objetivam tornar clara a classificação.

Figura 12 – Classificação da pesquisa



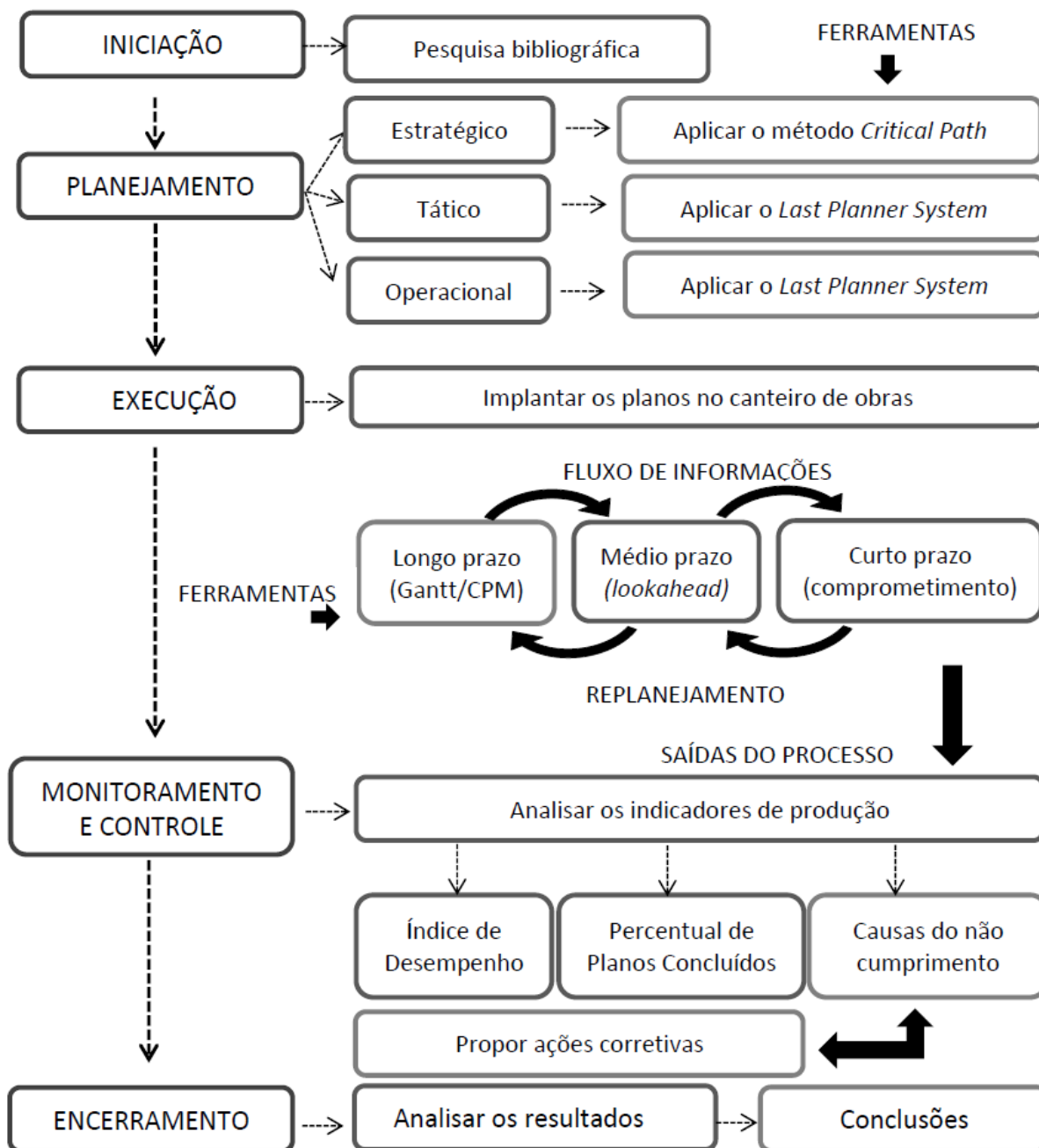
FONTE: Elaborado a partir de GIL (1994).

3.2 Planejamento do método de pesquisa

De acordo com Marconi e Lakatos (2002), existem diversos conceitos sobre o que é pesquisa, assim como não se tem um comum acordo entre estudiosos sobre o assunto. Para Ander-Egg *apud* Marconi e Lakatos (2002), a pesquisa é um procedimento que proporciona a descoberta de novos dados, fatos, conhecimentos, relações ou leis, em qualquer campo de conhecimento.

A pesquisa científica, segundo Sampieri *et al* (2006), necessita ser complementada de um processo organizado em várias etapas, de forma que se tenha uma lógica e sequência entre as mesmas. Para isso, foi elaborado um fluxograma com o sequenciamento das atividades divididas em cinco etapas, conforme Figura 13.

Figura 13 – Procedimentos para desenvolvimento da pesquisa



FONTE: Elaborado pelo autor

Para obter resultados positivos com a implantação da pesquisa, na primeira etapa realiza-se uma revisão bibliográfica sobre os conceitos de planejamento e controle de produção no setor da construção civil, buscando o entendimento dos princípios do modelo tradicional de planejamento e do LPS, obtendo assim condições básicas para a aplicação prática.

Na segunda etapa da pesquisa é elaborado um estudo junto ao mestre de obras com o objetivo de identificar todas as atividades que necessitam ser executadas durante a aplicação da pesquisa; com estas atividades cria-se o planejamento mestre através do *software MS Project 2016*; a partir daí, pode-se obter uma visão global da obra, além deste planejamento auxiliar para o gerenciamento de nível estratégico.

Para o gerenciamento de nível tático e operacional, criam-se os planos de médio e curto prazo, chamados de *lookahead* e comprometimento respectivamente. O plano *lookahead* consiste em uma subdivisão do planejamento mestre; nesta subdivisão planejam-se apenas as atividades para as próximas quatro semanas, onde destas atividades busca-se eliminar os requisitos e empecilhos para sua realização, para só então serem utilizadas para o planejamento de comprometimento, com o horizonte de uma semana; estes planejamentos são realizados com o auxílio de planilhas eletrônicas do *software MS Excel*.

A terceira etapa da pesquisa é realizada praticamente em conjunto com a quarta etapa, onde primeiramente aplica-se o planejamento *lookahead* e de comprometimento; portando, no decorrer desta aplicação realiza-se o monitoramento e controle das atividades, neste caso pelos indicadores de produção, PPC e IDP. Com o indicador de PPC busca-se obter o percentual de planos concluídos na respectiva semana, além de identificar e definir ações corretivas para as causas do não cumprimento das atividades; desta forma estes conhecimentos adquiridos contribuem para realimentar os próximos planos.

Por fim, na última etapa do trabalho é realizada a análise dos resultados e conclusões da implantação do modelo de gerenciamento. Na próxima seção é apresentada a classificação da pesquisa, assim como sua natureza e procedimentos técnicos utilizados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos com a implementação dos métodos de gestão e controle da produção no canteiro de obras, assim como as observações e discussões sobre a pesquisa.

4.1 Características da obra em estudo

Trata-se da execução de um empreendimento misto (comercial e residencial), com área total aproximada de 4000 m² e padrão construtivo classe A. O edifício é constituído por uma sala comercial e 2 apartamentos por andar, totalizando 19 apartamentos, além de duas coberturas, sendo uma *duplex*. Todos os apartamentos são de 3 dormitórios com metragem aproximada de 180 m². Já as coberturas possuem uma área privativa de 300 m². A edificação é composta por 14 pavimentos, no qual os boxes de estacionamento são distribuídos entre subsolo, térreo e 2º andar. O prédio conta com uma infraestrutura com academia e salão de festas, além de dois elevadores para facilitar o deslocamento.

4.2 Execução do plano de longo prazo (Cronograma de Gantt e CPM)

O planejamento de longo prazo tem como finalidade atender as necessidades da alta gerência da empresa, pois possui um baixo nível de detalhamento, buscando facilitar a identificação dos objetivos da obra e as principais entregas do projeto, assim como apresentar uma visão geral do andamento da obra.

Através das informações coletadas com o mestre de obras e do engenheiro responsável pela obra, realizou-se o planejamento mestre, com início no dia 28/08/2017 e previsão de término para 03/11/2017. O início do processo se deu com o acompanhamento da execução do primeiro pavimento, para poder identificar todas as atividades e recursos necessários para a conclusão dos próximos pavimentos, no caso o 2º e 3º; com estas informações pôde-se criar o cronograma de Gantt no *software MS Project 2016*.

Além do cronograma, o *software* também apresenta o caminho crítico do projeto; conforme Anexo 1 desta monografia, pode-se observar em vermelho as atividades do caminho crítico.

4.2 Aplicação do plano de médio prazo (*Lookahead Planning*)

Para a continuação do processo de planejamento e controle da produção, usando os fundamentos do LPS, foi realizado o planejamento de médio prazo, o qual em sua essência objetiva transferir e conectar as informações do planejamento de longo prazo com o de curto prazo.

Este plano teve um horizonte de planejamento de quatro semanas, porém com o horizonte de controle de uma semana; desta forma, semanalmente o plano era atualizado através das informações obtidas com o plano de curto prazo e assim feito o replanejamento para as próximas semanas. O Quadro 5 apresenta o planejamento *lookahead* com o horizonte de quatro semanas

Quadro 5 – Planejamento médio prazo 1/3

PLANEJAMENTO MÉDIO PRAZO																																				
OBRA	Porto Fino	LOCAL		Lajeado	ENGENHEIRO RESPONSÁVEL:										Carlos Diehl																					
EQUIPE	DESCRIÇÃO DA TAREFA	RESTRIÇÃO	INICIO	FIM	DURAÇÃO	STATUS	SEMANA 35					SEMANA 36					SEMANA 37					SEMANA 38														
							S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D		
2º Pavimento																																				
A;B	Desmontar e subir caixarias		Seg 28/08/17	Seg 28/08/17	1																															
B	Fechar paredes da escada	1	Ter 29/08/17	Qui 31/08/17	3																															
A	Alinhar pilares		Ter 29/08/17	Qui 31/08/17	3																															
A	Amarração das ferragens	2	Sex 01/09/17	Sex 01/09/17	1																															
B	Colocar ferragens		Sex 01/09/17	Sex 01/09/17	1																															
A	Montar caixarias		Seg 04/09/17	Ter 05/09/17	2																															
B	Colocar caixarias e prumar		Seg 04/09/17	Qua 06/09/17	2																															
C;A	Concretar pilares	3	Qua 06/09/17	Qua 06/09/17	1																															
B	Montar estrutura da escada		Qui 07/09/17	Qui 07/09/17	2																															
B	Deformar pilares		Sex 08/09/17	Sex 08/09/17	1																															
A	Desformar vigas 2º pavimento		Qui 07/09/17	Sex 08/09/17	2																															
A;B	Montagem da estrutura da laje		Seg 11/09/17	Seg 18/09/17	6																															
A;B	Montagem das vigas da laje		Ter 19/09/17	Sex 22/09/17	4																															

Fonte: Elaborado pelo autor

Outro aspecto importante do *lookahead* é o tratamento dos requisitos das atividades. Este tratamento tem como objetivo garantir a execução das atividades sem que haja interrupções no momento da execução; desta forma, uma atividade, para ser planejada no curto prazo, necessita estar com todos os pré-requisitos realizados. No Quadro 6 pode-se observar o tratamento dos requisitos.

Quadro 6 – Requisitos do planejamento 1/3

LISTA DE RESTRIÇÃO			DATA LIMITE		ENCAMINHAMENTO	STATUS	PROBLEMA / CAUSA NÃO LIBERADO
Nº	DESCRIÇÃO DA RESTRIÇÃO (PROJETO, MATERIAIS, EQUIPAMENTOS, MO)	RESPONSÁVEL	DATA	SEMANA			
1	Entregar tijolos e massa para a alvenaria da escada	Luiz	28/ago	35	Comprado material O.C 23456	ok	
2	Entregar feragens para os pilares consultar planta F1	LUiz	31/ago	35	Agendado entrega para dia 29/01 8:00	ok	
3	Agendar entrega de concreto	LUiz	06/set	36	Pendente		Aguardar previsões do tempo

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3 Aplicação do plano de curto prazo (planejamento de comprometimento)

Na última semana do mês de agosto, semana 35 pelo calendário, iniciou-se o planejamento de curto prazo da obra, realizado através das informações geradas no planejamento *lookahead*. Este plano foi executado semanalmente durante aproximadamente 4

meses de trabalho; desta forma, todas as segundas-feiras foi entregue ao mestre de obras o planejamento da semana, e ao final da mesma semana realizou-se o comparativo do executado com o planejado, gerando assim o PPC da semana.

Outro fator importante foram as causas do não cumprimento das atividades. Ao final de cada semana foi feito o levantamento das causas, e ao final do planejamento estas causas foram elencadas em um gráfico de Pareto. Isso, com objetivo de identificar as principais e propor possíveis melhorias, para que estas não se repitam nos próximos planos.

Semana 35: A semana 35 (Quadro 7) foi o marco inicial do planejamento, obtendo um resultado de PPC igual a 83%, onde três das cinco atividades não puderam ser iniciadas conforme o planejado: uma delas devido ao atraso na entrega das ferragens dos pilares, o que consequentemente atrasou a realização da atividade sucessora, no caso colocar as caixarias e prumar; como houve o atraso na amarração das ferragens a equipe não pôde concluir a montagem das caixas sem finalizar as ferragens. Outro fator de atraso foi a falta de manutenção do elevador, que por problemas eletrônicos não pôde operar durante um dia, atrasando assim a execução da alvenaria de vedação da escada.

Quadro 7 – Formulário de planejamento semana 35

PLANEJAMENTO CURTO PRAZO					SEMANA	35								PPC	83,00%
ITEM	PACOTE DE TRABALHO	LOCAL	EQUIPE		RESPONSÁVEL	STATUS	DIAS DA SEMANA							% REALIZADO	CAUSAS DO ATRASO / SUCESSO
							S	T	Q	Q	S	S	D		
1	Desmontar e subir caixarias	1º pv	Oficial	1	A;B	Prev.								100%	
			Aux.	9		Real									
2	Fechar paredes da escada	2º pv	Oficial	1	A	Prev.								66%	Manutenção do equipamento da
			Aux.	4		Real									
3	Alinhar pilares	2º pv	Oficial	1	B	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
4	Amarração das ferragens	2º pv	Oficial	1	A	Prev.								100%	Atraso na entrega das ferragens
			Aux.	4		Real									
5	Colocar ferragens	2º pv	Oficial	1	B	Prev.								25%	Atraso na tarefa antecedente
			Aux.	4		Real									

Fonte: Elaborado pelo autor

Semana 36: Na segunda semana de controle (Quadro 8), correspondente aos dias 4 a 8 de setembro, 3 dos 8 pacotes de trabalho não foram executados conforme planejado, devido às condições adversas do tempo, gerando assim um PPC de 72 %, um pouco abaixo da primeira semana. A atividade de concretagem dos pilares não pôde ser executada, o que consequentemente impediu a execução da próxima atividade que seria desformar as laterais

dos pilares depois da cura. Nesta semana houve o feriado do dia 7 de setembro e, para que fosse cumprido o cronograma, a equipe de produção trabalhou no sábado.

Quadro 8 – Formulário de planejamento semana 36

PLANEJAMENTO CURTO PRAZO					SEMANA	36	DIAS DA SEMANA							PPC	72,00%
ITEM	PACOTE DE TRABALHO	LOCAL	EQUIPE		RESPONSÁVEL	STATUS	S	T	Q	Q	S	S	D	% REALIZADO	CAUSAS DO ATRASO / SUCESSO
1	Fechar paredes da escada	2º pv	Oficial	1	A	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
2	Colocar ferragens	2º pv	Oficial	1	B	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
3	Montar caixarias	2º pv	Oficial	1	A	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
4	Colocar caixarias e prumar	2º pv	Oficial	1	B	Prev.								66%	Chuva
			Aux.	4		Real									
5	Concretar pilares	2º pv	Oficial	1	A;C	Prev.								0%	Chuva
			Aux.	4		Real									
6	Montar estrutura da escada	2º pv	Oficial	1	B	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
7	Desformar pilares	2º pv	Oficial	1	B	Prev.								0%	Atraso da antecedente
			Aux.	4		Real									
8	Desformar vigas do 1º pavto.	1º pv	Oficial		A	Prev.								100%	
			Aux.			Real									

Fonte: Elaborado pelo autor

Semana 37: Nesta semana (Quadro 9) obteve-se um PPC de 71%, resultado da não conclusão de uma das cinco atividades programadas para a semana; o motivo para tal resultado foi o baixo rendimento na montagem da estrutura da laje, devido ao absenteísmo de dois pedreiros que eram responsáveis pela montagem da estrutura.

Quadro 9 – Formulário de planejamento semana 37

PLANEJAMENTO CURTO PRAZO					SEMANA	37	DIAS DA SEMANA							PPC	71,00%
ITEM	PACOTE DE TRABALHO	LOCAL	EQUIPE		RESPONSÁVEL	STATUS	S	T	Q	Q	S	S	D	% REALIZADO	CAUSAS DO ATRASO / SUCESSO
1	Colocar caixarias e prumar	2º pv	Oficial	1	B	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
2	Concretar pilares	2º pv	Oficial	1	A;C	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
3	Desformar pilares	2º pv	Oficial	1	B	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
4	Desformar vigas do 1º pavto.	2º pv	Oficial	1	A	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
5	Montagem da estrutura da laje	2º pv	Oficial	1	A;B	Prev.								33%	Absenteísmo
			Aux.	9		Real									

Fonte: Elaborado pelo autor

Semana 38: Apesar da semana 38 (Quadro 10) também ter um feriado, o do dia 20 de setembro, obteve-se um PPC de 100%, pois a montagem da laje que estava atrasada na semana passada pôde ser concluída com sucesso, reflexo do esforço da equipe de produção que trabalhou no sábado para compensar o feriado e manter o cronograma.

Quadro 10 – Formulário de planejamento semana 38

PLANEJAMENTO CURTO PRAZO					SEMANA	38	DIAS DA SEMANA							PPC	100,00%
ITEM	PACOTE DE TRABALHO	LOCAL	EQUIPE		RESPONSÁVEL	STATUS	S	T	Q	Q	S	S	D	% REALIZADO	CAUSAS DO ATRASO / SUCESSO
1	Montagem da estrutura da laje	2º pv	Oficial	1	A;B	Prev.								100%	
			Aux.	9		Real									

Fonte: Elaborado pelo autor

A semana 38 marca o fim do primeiro planejamento de médio prazo; desta forma, com as informações obtidas até o momento foi elaborado um novo planejamento de médio prazo para as próximas semanas, conforme (Quadro 11) e (Quadro 12).

Quadro 11 – Planejamento de médio prazo 2/3

PLANEJAMENTO MÉDIO PRAZO																													
OBRA		Porto Fino		LOCAL		Lajeado		ENGENHEIRO RESPONSÁVEL:												Carlos Diehl									
EQUIPE	DESCRIÇÃO DA TAREFA	RESTRIÇÃO	INICIO	FIM	DURAÇÃO	STATUS	SEMANA 39				SEMANA 40				SEMANA 41				SEMANA 42										
							S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T
2º Pavimento																													
A;B	Montagem das vigas da laje		25/09/2017	28/09/2017	1																								
A	Montar ferragens	1	29/09/2017	29/09/2017	1																								
B	Colocar e amarrar ferragens		29/09/2017	02/10/2017	2																								
A	Montagem das treliças	2	03/10/2017	03/10/2017	2																								
B	Colocar isopor e tela		03/10/2017	03/10/2017	1																								
BeWe	Instalação da tubulação elétrica	3	03/10/2017	03/10/2017	1																								
Juliano	Instalações hidráulicas		03/10/2017	03/10/2017	1																								
C;A;B	Concretagem da laje/escada 2º	4	04/10/2017	04/10/2017	1																								
A;B	Desmontar e subir caixarias		05/10/2017	05/10/2017	1																								
B	Fechar paredes da escada	5	06/10/2017	10/10/2017	3																								
A	Alinhar pilares		06/10/2017	10/10/2017	3																								
A	Amarração das ferragens	6	11/10/2017	11/10/2017	1																								
B	Colocar ferragens		11/10/2017	11/10/2017	1																								
A	Montar caixarias		13/10/2017	14/10/2017	2																								
B	Colocar caixarias e prumar		13/10/2017	16/10/2017	3																								
C;A	Concretar pilares	7	16/10/2017	16/10/2017	1																								
B	Montar estrutura da escada		17/10/2017	17/10/2017	1																								
B	Desformar pilares		18/10/2017	18/10/2017																									
A	Desformar vigas 2º pavimento		17/10/2017	18/10/2017																									
A;B	Montagem da estrutura da laje		19/10/2017	26/10/2017																									

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 12 – Requisitos do planejamento 2/3

LISTA DE RESTRIÇÃO			DATA LIMITE		ENCAMINHAMENTO	STATUS	PROBLEMA / CAUSA NÃO LIBERADO
Nº	DESCRIÇÃO DA RESTRIÇÃO (PROJETO, MATERIAIS, EQUIPAMENTOS, MO)	RESPONSÁVEL	DATA	SEMANA			
1	Comprar ferragens	Luiz	28/set	39	Comprado	ok	
2	Contratar guindaste para içar as treliças e outros	Ismael	03/out	40	Agendado entrega para dia 03/10 8:00	ok	
3	Avisar as equipes terceirizadas um dia antes da concretagem	Alissa	03/out	40	ok	ok	
4	Agendar entrega de concreto	LUiz	04/out	40	Pendente	Aguardar previsões do tempo	
5	Agendar entrega de massa para acantamento	LUiz	06/out	40	Agendado entrega para 06/10 8:30	ok	
6	Comprar ferragens	LUiz	11/out	41	Comprado	ok	
7	Agendar entrega de concreto	LUiz	16/out	42	Pendente	Aguardar previsões do tempo	

Fonte: Elaborado pelo autor

Além do replanejamento de médio prazo, nesta etapa foram analisados os resultados obtidos com os indicadores de produção e de desempenho. A obra apresentou um índice de desempenho de 0,83, o que demonstra que (conforme seção 2.5.1 do Capítulo 2 deste trabalho) o projeto está atrasado em relação ao planejamento. Já o percentual médio de planos concluídos até o momento apresentou o resultado de 81,5%. Este índice é considerado positivo (de acordo com a seção 2.5.2) se comparado aos encontrados por outros autores.

Semana 39: A semana 39 (Quadro 13) marca o início do novo plano de médio prazo; contudo, esta semana apresentou um resultado de PPC de 50%, onde observou-se um baixo rendimento na montagem das vigas da laje devido à falta de um pedreiro, concluindo-se apenas metade das obras. Outro motivo para este resultado ruim da semana foi a falta de comprometimento das equipes de produção, pois estava programado o trabalho com as ferragens que nem ao menos foi iniciado.

Quadro 13 – Formulário de planejamento semana 39

PLANEJAMENTO CURTO PRAZO					SEMANA	39								PPC	50,00%	
ITEM	PACOTE DE TRABALHO	LOCAL	EQUIPE		RESPONSÁVEL	STATUS	DIAS DA SEMANA							%	CAUSAS DO ATRASO / SUCESSO	
							S	T	Q	Q	S	S	D	REALIZADO		
			Oficial	1	A;B	Prev.									50%	Absentismo
1	Montagem das vigas da laje	2º pv	Aux.	9		Real										
			Oficial	1	A	Prev.									0%	Baixa produtividade
2	Montar ferragens	2º pv	Aux.	4		Real										
			Oficial	1	B	Prev.									0%	Baixa produtividade
3	Colocar e amarrar ferragens	2º pv	Aux.	4		Real										

Fonte: Elaborado pelo autor

Semana 40: O PPC de 78% da semana 40 (Quadro 14) resultou do atraso na entrega dos isopores e atraso na chegada do guindaste utilizado para elevar as treliças; as atividades de montagem e a colocação dos isopores não puderam ser executadas conforme o planejado.

Quadro 14 – Formulário de planejamento semana 40

PLANEJAMENTO CURTO PRAZO					SEMANA	40	DIAS DA SEMANA							PPC	78,00%
ITEM	PACOTE DE TRABALHO	LOCAL	EQUIPE		RESPONSÁVEL	STATUS	S	T	Q	Q	S	S	D	% REALIZADO	CAUSAS DO ATRASO / SUCESSO
1	Montagem das vigas da laje	2º pv	Oficial	1	A;B	Prev.								100%	
			Aux.	9		Real									
2	Montar ferragens	2º pv	Oficial	1	A	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
3	Colocar e amarrar ferragens	2º pv	Oficial	1	B	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
4	Montagem das treliças	2º pv	Oficial	1	A	Prev.								50%	Falta de programação de equipamentos
			Aux.	4		Real									
5	Colocar isopor e tela	2º pv	Oficial	1	B	Prev.								25%	Atraso na entrega
			Aux.	4		Real									

Fonte: Elaborado pelo autor

Semana 41: Esta semana é representada pelos dias 9 a 14 de outubro, e é marcada pela concretagem da laje do 2º pavimento, concluindo-se assim ciclo de produção do 2º pavimento em 32 dias. Nesta semana também se iniciou o ciclo de produção do 3º pavimento, porém não se teve um bom resultado devido à chuva que impossibilitou a execução de duas das oito atividades planejadas. Conforme Quadro 15, o PPC da semana foi de 68%.

Quadro 15 – Formulário de planejamento semana 41

PLANEJAMENTO CURTO PRAZO					SEMANA	41	DIAS DA SEMANA							PPC	68,00%
ITEM	PACOTE DE TRABALHO	LOCAL	EQUIPE		RESPONSÁVEL	STATUS	S	T	Q	Q	S	S	D	% REALIZADO	CAUSAS DO ATRASO / SUCESSO
1	Montagem das treliças	2º pv	Oficial	1	A	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
2	Colocar isopor e tela	2º pv	Oficial	1	B	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
3	Instalação elétrica	2º pv	Oficial	1	BeWe	Prev.								100%	
			Aux.	2		Real									
4	Instalações hidráulicas	2º pv	Oficial	1	Juliano	Prev.								100%	
			Aux.	1		Real									
5	Concretagem da laje/escada	2º pv	Oficial	1	A;B;C	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
6	Desmontar e subir caixarias	2º pv	Oficial	1	A;B	Prev.								50%	
			Aux.	9		Real									
7	Alinhar pilares	3º pv	Oficial	1	A	Prev.								0%	Chuva
			Aux.	4		Real									
8	Fechar parede da escada	3º pv	Oficial	1	B	Prev.								0%	Chuva
			Aux.	4		Real									

Fonte: Elaborado pelo autor

Semana 42: Do dia 16 a 20 de outubro, representado pela semana 42 (Quadro 16), teve-se um PPC de 70%, onde novamente observou-se um baixo rendimento devido à falta de comprometimento das duas frentes de trabalho.

Quadro 16 – Formulário de planejamento semana 42

PLANEJAMENTO CURTO PRAZO					SEMANA	42	DIAS DA SEMANA							PPC	70,00%
ITEM	PACOTE DE TRABALHO	LOCAL	EQUIPE		RESPONSÁVEL	STATUS	S	T	Q	Q	S	S	D	% REALIZADO	CAUSAS DO ATRASO / SUCESSO
1	Fechar parede da escada	3º pv	Oficial	1											
			Aux.	4	B	Prev.									
2	Alinhar pilares	3º pv	Oficial	1	A	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
3	Amarração das ferragens	3º pv	Oficial	1	B	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
4	Colocar ferragens	3º pv	Oficial	1	A	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
5	Montar caixarias	3º pv	Oficial	1	A	Prev.								50%	Falta de comprometimento
			Aux.	4		Real									
6	Colocar caixarias e prumar	3º pv	Oficial	1	B	Prev.								50%	Falta de comprometimento
			Aux.	4		Real									

Fonte: Elaborado pelo autor

A semana 42 marcou também o fim do segundo planejamento de médio prazo. Deste modo, foi elaborado um novo planejamento para as próximas semanas (Quadro 17 e Quadro 18). Nesta etapa novamente foram analisados os indicadores de desempenho e de produção; o índice de desempenho foi de 0,8, continuando com a obra atrasada em relação ao planejado; da mesma forma, o percentual médio de planos concluídos também teve uma diminuição, chegando a 74%, resultado que pode ser justificado pelo excesso de chuva do mês de Outubro.

Quadro 17 – Requisitos do planejamento 3/3

LISTA DE RESTRIÇÃO			DATA LIMITE		ENCAMINHAMENTO	STATUS	PROBLEMA / CAUSA NÃO LIBERADO
Nº	DESCRIÇÃO DA RESTRIÇÃO (PROJETO, MATERIAIS, EQUIPAMENTOS, MO)	RESPONSÁVEL	DATA	SEMANA			
1	Agendar entrega de concreto	Luiz	24/out	43	Pendente		Aguardar previsões do tempo
2	Comprar ferragens	Luiz	09/nov	45	Comprado	ok	
3	Contratar guindaste para içar as treliças e outros	Ismael	10/nov	45	Agendado entrega para dia 03/10 8:00	ok	
4	Avisar as equipes terceirizadas um dia antes da concretagem	Alissa	13/nov	46	ok	ok	
5	Agendar entrega de concreto	Luiz	14/nov	46	Pendente		Aguardar previsões do tempo

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 18 - Planejamento de médio prazo 3/3

PLANEJAMENTO MÉDIO PRAZO																														
OBRA	Porto Fino	LOCAL		Lajeado		ENGENHEIRO RESPONSÁVEL:												Carlos Diehl												
EQUIPE	DESCRIÇÃO DA TAREFA	RESTRICÇÃO	INICIO	FIM	DURAÇÃO	STATUS	SEMANA 43					SEMANA 44					SEMANA 45					SEMANA 46								
							S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q
2º Pavimento																														
A	Montar caixarias		23/10/2017	23/10/2017	1																									
B	Colocar caixarias e prumar		23/10/2017	23/10/2017	1																									
C;A	Concretar pilares	1	24/10/2017	24/10/2017	1																									
B	Montar estrutura da escada		24/10/2017	24/10/2017	1																									
B	Desformar pilares		25/10/2017	25/10/2017	1																									
A	Desformar vigas 2º pavimento		25/10/2017	26/10/2017	2																									
A;B	Montagem da estrutura da laje		25/10/2017	03/11/2017	6																									
A;B	Montagem das vigas da laje		04/11/2017	08/11/2017	4																									
A	Montar ferragens	2	09/11/2017	09/11/2017	1																									
B	Colocar e amarrar ferragens		09/11/2017	10/11/2017	2																									
A	Montagem das treliças	3	10/11/2017	13/11/2017	2																									
B	Colocar isopor e tela		13/11/2017	13/11/2017	1																									
BeWe	Instalação elétrica	4	13/11/2017	13/11/2017	1																									
Juliano	Instalação hidráulica		13/11/2017	13/11/2017	1																									
C;A;B	Concretagem da laje/escada 3º	5	14/11/2017	14/11/2017	1																									

Fonte: Elaborado pelo autor

Semana 43: Novamente a chuva atrapalhou o andamento da obra na semana 43 (Quadro 19), correspondente aos dias 23 a 27 de outubro. Duas das oito atividades não foram executadas conforme o planejado, pois não foi finalizada a montagem da estrutura da laje devido à chuva, refletindo assim em um PPC de 80%.

Quadro 19 – Formulário de planejamento semana 43

PLANEJAMENTO CURTO PRAZO					SEMANA	43	DIAS DA SEMANA							PPC	80,00%
ITEM	PACOTE DE TRABALHO	LOCAL	EQUIPE		RESPONSÁVEL	STATUS	S	T	Q	Q	S	S	D	% REALIZADO	CAUSAS DO ATRASO / SUCESSO
1	Montar caixarias	3º pv	Oficial	1										100%	
			Aux.	9	A	Prev.									
2	Colocar caixarias e prumar	3º pv	Oficial	1	B	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
3	Concretar pilares	3º pv	Oficial	1	C;A	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
4	Montar estrutura da escada	3º pv	Oficial	1	B	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
5	Desformar pilares	3º pv	Oficial	1	B	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
6	Desformar vigas do 2º pavto.	2º pv	Oficial	1	A	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
7	Montagem da estrutura da laje	3º pv	Oficial	1	B	Prev.								50%	Chuva
			Aux.	4		Real									
8	Montagem da estrutura da laje	3º pv	Oficial	1	A	Prev.								0%	Chuva
			Aux.	4		Real									

Fonte: Elaborado pelo autor

Semana 44: Representada pelos dias 31 de outubro a 3 de novembro, a semana 44 (Quadro 20) obteve um resultado de PPC de 80% em função do absenteísmo de dois serventes que auxiliavam na montagem da estrutura da laje.

Quadro 20 – Formulário de planejamento semana 44

PLANEJAMENTO CURTO PRAZO					SEMANA	44								PPC	80,00%
ITEM	PACOTE DE TRABALHO	LOCAL	EQUIPE		RESPONSÁVEL	STATUS	DIAS DA SEMANA							% REALIZADO	CAUSAS DO ATRASO / SUCESSO
							S	T	Q	Q	S	S	D		
1	Montagem da estrutura da laje	3º pv	Oficial	1	A;B	Prev.								80%	Baixa produtividade
			Aux.	9		Real									

Fonte: Elaborado pelo autor

Semana 45: Finalmente a montagem da laje pôde ser concluída na semana 45 (Quadro 21) em que obteve-se um PPC de 100%, visto que as duas atividades relacionadas para a semana foram iniciadas e concluídas conforme o planejado.

Quadro 21 – Formulário de planejamento semana 45

PLANEJAMENTO CURTO PRAZO					SEMANA	45								PPC	100,00%
ITEM	PACOTE DE TRABALHO	LOCAL	EQUIPE		RESPONSÁVEL	STATUS	DIAS DA SEMANA							% REALIZADO	CAUSAS DO ATRASO / SUCESSO
							S	T	Q	Q	S	S	D		
1	Montagem da estrutura da laje	3º pv	Oficial	1	A;B	Prev.								100%	
			Aux.	9		Real									
2	Montagem das vigas da laje	3º pv	Oficial	1	A;B	Prev.								100%	
			Aux.	9		Real									

Fonte: Elaborado pelo autor

Semana 46: Na última semana de planejamento (Quadro 22) ocorre a finalização do 3º pavimento. Nesta semana obteve-se um resultado de PPC de 100%, onde se observou um grande comprometimento da equipe em executar o planejamento, para que no final da semana pudesse ser concluída a concretagem da laje e finalizado o pavimento. Esta semana marca a conclusão do planejamento para a pesquisa.

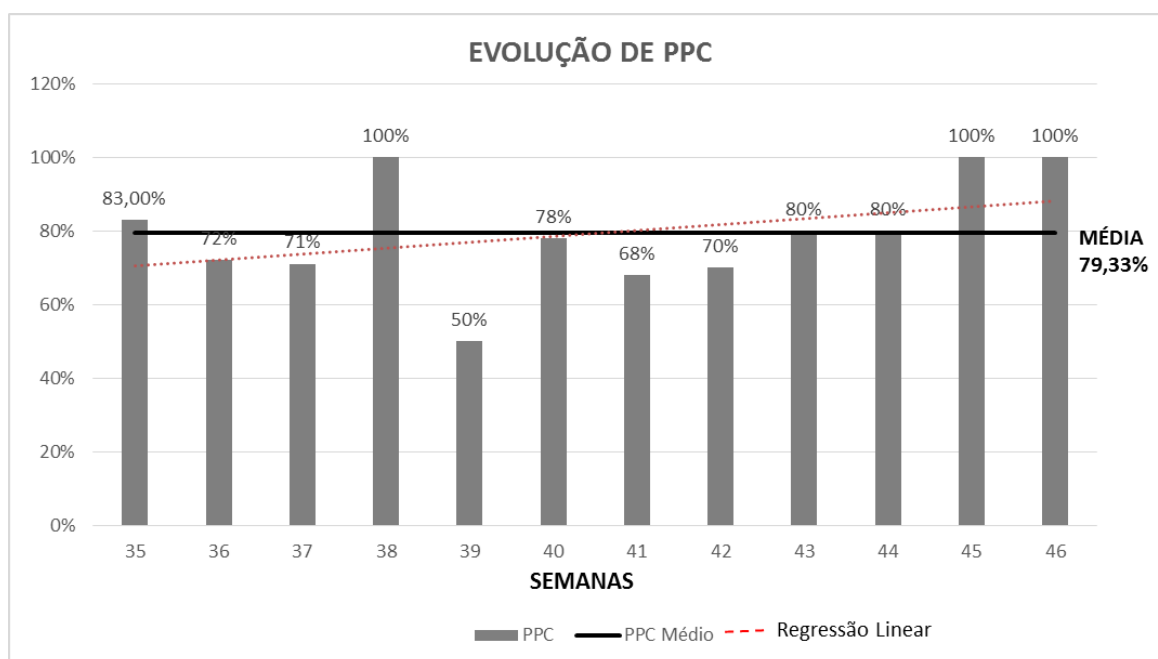
Quadro 22 – Formulário de planejamento semana 46

PLANEJAMENTO CURTO PRAZO					SEMANA	46	DIAS DA SEMANA							PPC	100,00%
ITEM	PACOTE DE TRABALHO	LOCAL	EQUIPE		RESPONSÁVEL	STATUS	S	T	Q	Q	S	S	D	% REALIZADO	CAUSAS DO ATRASO / SUCESSO
1	Montar ferragens	3º pv	Oficial	1	A	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
2	Colocar e amarrar ferragens	3º pv	Oficial	1	B	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
3	Montagem das treliças	3º pv	Oficial	1	A	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
4	Colocar isopor e tela	3º pv	Oficial	1	B	Prev.								100%	
			Aux.	4		Real									
5	Instalação elétrica	3º pv	Oficial	1	BeWe	Prev.								100%	
			Aux.	2		Real									
6	Instalação Hidráulica	3º pv	Oficial	1	Juliano	Prev.								100%	
			Aux.	1		Real									
7	Concretagem da laje/escada	3º pv	Oficial	1	A;B;C	Prev.								100%	
			Aux.	9		Real									

Fonte: Elaborado pelo autor

Ao final do trabalho, pôde-se identificar um crescimento dos resultados de PPC; a Figura 15 mostra a evolução do PPC durante as doze semanas de planejamento e controle da obra. Este crescimento é reflexo do comprometimento da equipe de produção com o planejamento. O índice de desempenho ao final da obra se manteve em 0,83, demonstrando que a obra ainda esteve atrasada em relação ao planejado; porém, através deste indicador pode-se identificar o atraso e tomar decisões assertivas a longo prazo.

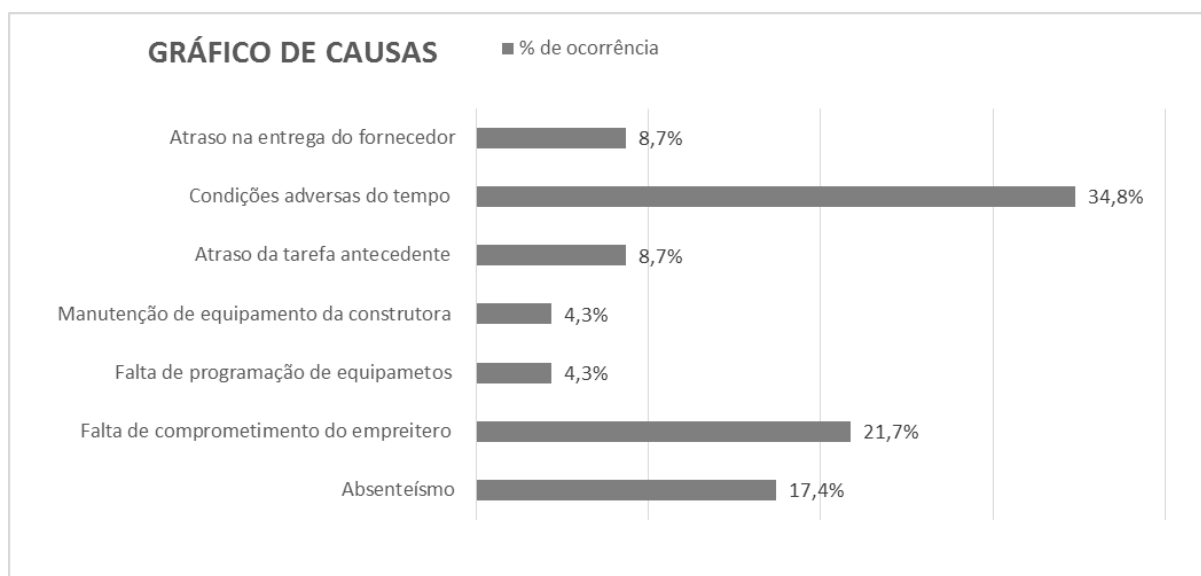
Gráfico 1 – Gráfico da evolução dos resultados de PPC's



Fonte: Elaborado pelo autor

Neste gráfico, aplicada uma regressão linear que apresenta a tendência para os próximos resultados de PPC, pode ser observado um crescimento nos resultados. Outro indicador analisado ao final do trabalho aborda as causas de não cumprimento das atividades relacionadas para as semanas (como identificado na Figura 16), com base no gráfico de Pareto das causas de não cumprimento.

Gráfico 2 – Gráfico das causas de não cumprimento



Fonte: Elaborado pelo autor

Através deste gráfico podem-se identificar as principais causas do não cumprimento das atividades, e deste modo propor melhorias para sua eliminação. O quadro abaixo apresenta a causa do não cumprimento, as justificativas dadas pela empresa e algumas propostas de melhorias, para que não se repita o não cumprimento das atividades.

Quadro 23 – Propostas de melhorias para as causas de não cumprimento

Causa	Ocorrência	Justificativa	Proposta de melhoria
Condições adversas do tempo	34,80%	Temporada de chuvas dos meses de setembro e outubro.	Não há proposta de melhoria.
Falta de comprometimento do empreiteiro	21,70%	Falta de organização do empreiteiro em organizar as equipes de trabalho.	Continuar a planejar a produção com a ferramenta LPS, pois esta tem como principal objetivo aumentar o comprometimento das equipes, além de criar um fluxo de atividades.

Absenteísmo	17,40%	Todas as faltas foram justificadas.	Oferecer aos funcionários que não obtiverem faltas no mês uma bonificação.
Atraso na entrega do fornecedor	8,70%	Falta de organização das entregas do fornecedor.	Realizar uma qualificação dos fornecedores da obra.
Atraso da tarefa antecedente	8,70%	Carência no planejamento.	Planejar tarefas reservas para as equipes de produção, para que a equipe não fique ociosa devido ao atraso de outra tarefa.
Falta de manutenção em equipamento da construtora	4,30%	Não foram realizadas as manutenções necessárias no elevador de cremalheira.	Elaborar um plano de manutenções preventivas para o equipamento e contratar uma empresa especializada na manutenção deste.
Falta de programação de equipamentos	4,30%	Não foi contratado o equipamento, não há uma pessoa específica para realizar a contratação.	Melhorar a gestão da comunicação da empresa, delegar tarefas específicas somente a uma pessoa.

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme descrito nas delimitações da pesquisa, não foi possível implementar as melhorias propostas e, conseqüentemente também não se alcançou avaliar os impactos destas; contudo, verificou-se um grande interesse da empresa construtora em utilizar estas melhorias propostas para corrigir o sistema produtivo da empresa.

Além dos resultados positivos com os indicadores de produção e a identificação das causas do não cumprimento das atividades, foi possível observar que a integração dos métodos CPM e LPS reduziram alguns desperdícios na execução da obra, como:

- (i) Processamento: Com a utilização dos planos de médio e curto prazo, criou-se uma sequência lógica de execução, padronizando o sistema de gerenciamento e controle, diminuindo o processamento impróprio.
- (ii) Produção: Pôde-se observar que o LPS possui um sistema de produção puxada, o qual evitou o desperdício de superprodução, pois só eram produzidas as atividades que estavam planejadas, nada além disto.
- (iii) Transporte: Quanto ao desperdício de transporte, pôde-se identificar uma redução no transporte de materiais, pois o planejamento de médio prazo previa a entrega dos materiais para uma data próxima da execução, evitando que estes materiais atrapalhassem o fluxo da obra.

- (iv) Movimentação: A movimentação desnecessária durante a obra reduziu-se devido ao planejamento de curto prazo, pois os trabalhadores já sabiam suas obrigações para a semana, e deste modo se programavam para tal função, evitando movimentações de equipamentos e outros.
- (v) Espera: Em consequência da diminuição dos outros desperdícios, observou-se também a diminuição do tempo de espera, pois o LPS diminuiu a variabilidade da produção, gerando um fluxo contínuo para as execuções de atividades, evitando que os trabalhadores estivessem esperando para a realização das atividades.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho propôs a integração de dois métodos de gestão para o planejamento e controle da produção de um empreendimento, com o intuito de contribuir e propor melhorias para o sistema produtivo da empresa. Esta integração foi baseada nos conceitos do *Lean Construction* e nas áreas e processos de conhecimentos da Gestão de Projetos. A pesquisa foi baseada no referencial teórico e no estudo de caso, onde o autor foi observador participativo. Deste modo, este capítulo discorre sobre as conclusões obtidas e, ao final, propõe recomendações para futuros trabalhos que possam colaborar para esta área de pesquisa.

5.1 Conclusões obtidas

A justificativa para a escolha do tema de planejamento e controle de obras se deu devido ao problema existente no setor da construção civil; desta forma buscou-se entender melhor o processo de construção de edificações, buscando maneiras que pudessem dinamizar a produção de um empreendimento. Com a realização deste trabalho pode-se observar a grande importância de um bom planejamento e controle das atividades para otimizar a produtividade de um canteiro de obras.

Como primeiro objetivo específico desta monografia, procurou-se determinar as necessidades para a gestão da produção de um canteiro de obras. Já na revisão bibliográfica observou-se que alguns autores destacam a dificuldade do *Last Planner System* para o planejamento de longo prazo, pois o objetivo deste é a conclusão semanal das atividades e a diminuição da variabilidade, criando um fluxo de atividades; por outro lado, alguns autores destacaram o modelo tradicional de gestão de projetos como complemento para o LPS.

Outra observação feita na revisão bibliográfica foi a dificuldade do modelo tradicional em lidar com a interferência e as variabilidades encontradas no canteiro de obras, uma vez que diversas equipes estão envolvidas na execução do empreendimento; além do caráter único de cada empreendimento, que torna a gestão da produção bastante diferente e mais complexa, em comparação à indústria manufatureira.

Apoiado na revisão bibliográfica, o próximo passo foi o estudo de caso em uma empresa construtora para a implementação dos métodos de gestão da produção. Nesta empresa o autor participou do estudo como um observador ativo; na parte de execução da pesquisa, realizou semanalmente o planejamento das atividades, identificando algumas dificuldades quanto à implementação.

O segundo objetivo específico foi elaborar planos de longo, médio e curto prazo, e aplicá-los no empreendimento. Para tanto, o autor acompanhou presencialmente a execução do 1º pavimento, com objetivo de obter conhecimento técnico sobre o processo produtivo da empresa e, também, para coletar informações sobre as atividades e recursos necessários para elaborar e aplicar o planejamento nos próximos pavimentos. Com este modelo integrado pôde-se obter um planejamento nos três níveis gerenciais: estratégico, tático e operacional. O cronograma e o caminho crítico auxiliaram na visão global do andamento da obra e quanto ao atendimento dos objetivos. Contudo, devido ao tempo de pesquisa ser curto, estas ferramentas não alcançaram sua total potencialidade.

Já nos níveis tático e operacional, a implementação do *Last Planner* contribuiu de forma significativa ao sistema produtivo, visto que se observou uma mudança na organização do empreendimento e, também, uma diminuição do tempo de execução do 2º e 3º pavimento em relação ao 1º (que não contou com controle das atividades). Além disto, as reuniões semanais foram de suma importância para a diminuição da variabilidade da produção. Outro fator para o aumento da probabilidade de execução das atividades no curto prazo foi o tratamento dos requisitos das atividades no planejamento *Lookahead*.

O terceiro objetivo específico foi monitorar e controlar o andamento da obra; este controle foi realizado através dos indicadores de produção e de desempenho. Observou-se uma evolução nos resultados de PPC, justificada (em parte) pelo comprometimento da equipe de produção no trabalho e, também, pelo conhecimento adquirido na construção dos

pavimentos; estes resultados refletiram no desempenho da obra, com um crescimento de 3,78% no índice de desempenho no último período.

Outro indicador monitorado foi o que trata das causas do não cumprimento das atividades; este indicador atende ao quarto objetivo específico que analisa os resultados para propor melhorias. De forma geral, este indicador mostrou-se muito importante, pois identificou as principais causas do atraso da obra, e desta forma a empresa poderá realizar ações para eliminá-las.

Deste modo, tendo em vista os fatos apresentados, pode-se concluir que foi possível a integração entre os métodos de planejamento LPS e CPM. Na presente monografia esta integração contribuiu de forma positiva para o sistema construtivo da empresa, via sistema de planejamento e controle de nível estratégico, tático e operacional. Além disto, pode-se observar a diminuição dos desperdícios de processamento e produção, com a criação de uma sequência lógica de funcionamento, além de evitar a falta de qualidade ocasionada pela produção excessiva.

Outros desperdícios amenizados com a integração dos métodos foram os de transporte, movimentação e espera; otimizou-se o transporte de materiais no processo construtivo, proporcionando a diminuição da movimentação desnecessária de equipamentos e colaboradores. Observou-se também a diminuição do tempo de espera, onde funcionários e recursos estavam onde deveriam estar no momento certo e nas quantidades certas.

5.2 Recomendações futuras

Para o desenvolvimento de trabalhos futuros, algumas sugestões:

- a) Replicar esta integração em obras de outros segmentos, como na construção de rodovias, onde se tem mais equipes de trabalho atuando na obra;
- b) Avaliar este modelo em outras etapas de um empreendimento, onde se tem mais atividades e atividades mais complexas, onde uma dependa da outra, para que a ferramenta CPM possa trazer melhores resultados;
- c) Desenvolver um modelo computacional para facilitar a comunicação entre os planejamentos;
- d) Realizar a implementação em um espaço maior de tempo, para que seja possível verificar se as melhorias propostas produziram o resultado esperado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. M. **Introdução à metodologia do trabalho científico**: elaboração de trabalhos na graduação. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

ARANTES, P.C.F.G. **Lean Construction – Filosofia e Metodologias**. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2008, 108p.

BALLARD, G. **The Last Planner System of Production Control**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000, 192p.

BALLARD, G. The Last Planner. **In Spring Conference of the Northern California Construction Institute**, 1994, Monterey, CA, LCI, 1994.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding production: an essential step in production control. **Journal of Construction Engineering in Management**, v. 124, n. 1, p.18-24, 1998.

BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e Controle da Produção para empresas da construção civil**. Rio de Janeiro, LTC. 2003, 190p.

CAVALIERI, A. **Como se tornar um profissional em gerenciamento de projetos** : livro-base de preparação para certificação PMP® - project management professional. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção- Banco de Dados: Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>. Acesso em 05/06/2017.

COELHO, H.O. **Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo na construção civil**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia

Civil) Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

COSTA, K.L. **O uso do sistema Last Planner como ferramenta para controle de produção: Aplicabilidade e estudo de caso.** TCC Graduação Engenharia Civil, Santa Maria, 2014.

DINSMORE, P. C.; SILVEIRA NETO, F. H. **Gerenciamento de projetos:** como gerenciar seu projeto com qualidade, dentro do prazo e custos previstos. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

FORMOSO, C. T. **A knowledge Based Framework for Planning House Building Projects.** Salford: University of Salford – Department of Quantity and Building Surveying, 1991. Tese Doutorado.

FREJ, T. A; ALENCAR, H. L. Fatores de sucesso no gerenciamento de múltiplos projetos na construção civil em Recife. **Ambiente Construído.** Prod. v. 20, n. 3, p. 322-334, 2010.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção:** mais do que simplesmente Just-in-time. Caxias do Sul, EDUCS, 1996.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GRENHO, L. F. S. **Last-Planner System e Just-in-Time na Construção.** Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2009, 126p.

HAMZEH, F.; BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. D. Rethinking Lookahead Planning to Optimize Construction Workflow. **Lean Construction Journal**, v. 1, n. 1, p. 15-34, 2012.

HIRSCHFELD, H. **Planejamento com PERT-CPM e análise do desempenho:** método manual e por computadores eletrônicos aplicados a todos os fins, construção civil, marketing, etc. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1973, 387p.

HUBER, B.; REISER, P. The Marriage of CPM and Lean Construction. In: **ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION**, 11., Blacksburg, 2003.

KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction. Technical Report, Finland: CIFE, 1992.

KOSKELA, L.; STRATTON, R.; KOSKENVESÄ, A. Last Planner and Critical Chain in Construction Management: comparative analysis, In: **ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION**, 18., Haifa, 2010.

KOSKELA, L.; HOWELL, G.; PIKAS, E.; DAVE, B. If CPM Is So Bad, Why Have We Been Using it So Long? In: **ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION**, 22., Oslo, 2014

KRAINER, C. W. M.; KRAINER, J. A.; IAROZINSKI NETO, A.; ROMANO, C. A. Análise do impacto da implantação de sistemas ERP nas características organizacionais das empresas

de construção civil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 117-135, jul./set. 2013.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L.. Is Construction Planning Really Doing its Job? A Critical Examination of Focus, Role and Process. **Construction Management and Economics**. Londres. 1987. E. & F. N. Spon, v. 5, n. 3, p. 243-266, 1987.

LIKER, J.K. **O Modelo Toyota**: 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre. Bookman, 2005, 350p.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Metodologia do trabalho científico**: Procedimentos básicos; Pesquisa bibliográfica projeto e relatório; Publicação e trabalhos científicos. 7ª edição, Editora Atlas, São Paulo, 2009.

MOURA, C. B. **Avaliação do Impacto do Sistema Last Planner no Desempenho de Empreendimentos da Construção Civil**. 2008. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

NETTO, T. J.; QUELHAS, O. L. G.; FRANÇA, S.; MEIRINO, M. J. Estudo comparativo entre as práticas Empresariais e a teoria de gerenciamento por Valor Agregado: o caso da construção civil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 145-160, jul./set. 2015.

OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre, Bookman, 1997.

OLIVIERI, H.; GRANJA, A. D.; PICCHI, F. A. Planejamento tradicional, Location-Based Management System e Last Planner System: um modelo integrado. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 265-283, jan./mar. 2016.

PFAFFENZELLER, M.S.; SILVA, G.G.M.P.; BARROS, A.L.; SHINJI, G.; SALLES, M.P.; Lean Thinking na Construção Civil: Estudo da Utilização de Ferramentas Lean em Diferentes Fluxos da Construção Civil. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, Florianópolis, SC, Brasil, v. 7, n. 14, p. 86-107, 2015.

PICCHI, F.A. Oportunidade da aplicação do Lean Thinking na construção. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, Volume 03, No. 01, p. 7-23, 2003.

PRADO, D. **Administração de projetos com PERT/CPM**. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC; Belo Horizonte: Ed UFMG, 1988, 126p.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE **Um guia do conhecimento em gerenciamento em projetos (guia PMBOK)** / [texto e tradução] Project Management Institute – 5. Ed. – São Paulo, Saraiva, 2013.

ROEHRS, R. T. **Planejamento e controle de produção: Aplicação do Sistema Last Planner**. TCC Graduação Engenharia Civil, Ijuí 2012.

ROTHER, M. ; HARRIS, R. **Criando fluxo contínuo**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002. 103 p.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C.F.; LUCIO, P. B. **Metodologia de Pesquisa**. 3 ed. São Paulo: Ed. McGraw Hill Book Company, 2006, 583p.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção**: do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, E. L.; MENEZES, E.M. **Metodologia da pesquisa e laboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2015.

VALERIANO, Dalton, L. **Gerência em projetos**: Pesquisa, desenvolvimento e engenharia. São Paulo Makron Books, 1998.

VILLAS-BÔAS, B.T. **Modelagem de um programa computacional para o sistema Last Planner de planejamento**. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 3ª edição. Rio de Janeiro : Campus, 1992. 347 p.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. **A mentalidade enxuta nas empresas** – Elimine desperdícios e crie riquezas. Rio de Janeiro; Campus, 1998.

ANEXO 1- PLANO DE LONGO PRAZO (CRONOGRAMA DE GANTT E CAMINHO CRÍTICO)

